Piergiorgio Odifreddi

INCONTRI CON MENTI STRAORDINARIE

Ricordi, rivelazioni, racconti, polemiche dei più brillanti «santi laici».

Piergiorgio Odifreddi

INCONTRI con MENTI STRAORDINARIE

Longanesi 2006

ISBN 88-304-2346-7

A Elena,
il mio vero incontro straordinario
Ci incontrammo. Ma quel giorno
non facemmo che mescolare sulla polvere estiva
impronte grandi e piccole,
come a tracciare l'immagine del nostro essere
già meno di due, ma ancora più di uno.
Robert Frost

INDICE GENERALE

Prefazione 7
Cronologia di premi Nobel e medaglie Fields 11

Economisti
Kenneth Arrow 15
Gary Becker 22
Daniel Kahneman 29
John Nash 37
Paul Samuelson 47
Myron Scholes 54
Amartya Sen 63
Robert Solow 73
Michael Spence 79
Joseph Stiglitz 88
Medici e biologi
Christian de Duve 97
Renato Dulbecco 104
David Hubel 112
Rita Levi Montalcini 124
Marshall Nirenberg 130
Richard Roberts 136
Bengt Samuelsson 143
Hamilton Smith 150
Craig Venter 157
James Watson 166

Chimici
Paul Crutzen 175
CarlDjerassi 181
Manfred Eigen 188
Richard Ernst 194
Dudley Herschbach 204
Roald Hoffmann 213
Harold Kroto 224
Kary Mullis 229
Ilya Prigogine 239
Frederick Sanger 244

Fisici
Hans Bethe 253
Val Fitch 257
Riccardo Giacconi 262
Shelton Glashow 270
Brian Josephson 277
Robert Laughlin 285
Carlo Rubbia 293
Charles Townes 299
John Wheeler 308
Chen Ning Yang 315

Matematici

Michael Atiyah 323
Enrico Bombieri 329
Alain Connes 334
Benoit Mandelbrot 338
Shigefumi Mori 345
David Mumford 351
Jean-Pierre Serre 356
Stephen Smale 360
Andrew Wiles 364
Edward Witten 373

Indice dei nomi 381

PREFAZIONE

Negli Incontri con uomini straordinari, ai quali Peter Brook si è ispirato per un omonimo film, Georges Ivanovic Gurdjieff descrive le proprie interazioni con una serie di maestri religiosi orientali, con l'esplicito intento di sottolineare la superiorità del loro approccio rispetto alla via razionale.

Questi Incontri con menti straordinarie danno invece la parola a una serie di maestri scientifici occidentali, con l'altrettanto esplicito intento di aprire una finestra sui loro pensieri: dalle circostanze materiali nelle quali questi sono stati concepiti, alle risultanze spirituali che essi hanno partorito.

Una finestra che, a seconda del tipo di sinergia momentanea che potrà instaurarsi tra chi parla per scritto e chi ascolta leggendo, si socchiuderà per lasciare a mala pena intuire, come in Nirvana di Gabriele Salvatores, un « dietro le quinte » affascinante ma incomprensibile, oppure si spalancherà su una scena familiare e controllabile, come in La finestra sul cortile di Alfred Hitchcock.

Quanto ai maestri scientifici, così come per quelli religiosi, non c'è che l'imbarazzo della scelta. Ma per i primi l'imbarazzo è mitigato dall'esistenza di onorificenze istituzionali quali il premio Nobel o la medaglia Fields, che pur non essendo state assegnate a molti che le avrebbero meritate, raramente sono state usurpate da qualcuno che le ha ricevute.*

Le cinquanta menti straordinarie di questi incontri sono dunque, al 90 per cento, vincitori di questi ambiti riconoscimenti: compresi, fra essi, tutti i vincitori italiani viventi (Enrico Bombieri, Renato Dulbecco, Riccardo Giacconi, Rita Levi Montalcini e Carlo Rubbia). Il rimanente 10 per cento è invece

* Si sta parlando, naturalmente, dei premi Nobel scientifici: un'altra cosa sono quelli per la letteratura e la pace, per i quali l'aleatorietà e l'usurpazione costituiscono invece, se non la norma, almeno un'abitudine.

costituito da personaggi che sono comunque passati alla storia per le loro imprese: dalla sequenziazione del genoma umano all'invenzione della pillola anticoncezionale, dalla scoperta del frattale universale alla dimostrazione dell'ultimo teorema di Fermat.

Che cosa ci si possa attendere da incontri ravvicinati col pensiero puro, è presto detto. Da un lato, una contemplazione

dello splendore che emana dall'aureola intellettuale che brilla attorno alle loro teste: in fondo, questi sono i santi laici che popolerebbero una versione moderna del Paradiso. E, dall'altro lato, una decostruzione dell'alone mediatico che si crea attorno a chi viene premiato in smoking da un re: anche i geni sono uomini, infatti, e parlando rivelano la loro umanità in chiaroscuro, quando non a tinte fosche.

In nessun caso, invece, si potrà pretendere che gli incontri gettino più che un barlume di luce sui risultati o sulle teorie di queste menti straordinarie. L'aveva già anticipato il 26 ottobre 1965 Richard Feynman, il quale a un giornalista che gli chiedeva di dire in un minuto che cosa aveva fatto per meritare il premio Nobel appena assegnatogli, rispose: « Senti, caro: se quello che ho fatto potessi dirtelo in un minuto, non varrebbe un premio Nobel ».

Un minuto, o qualche pagina, possono comunque stimolare curiosità e suggerire spunti e approfondimenti, il che è stato appunto lo scopo primario del mio personale interesse in queste conversazioni: un interesse sbocciato nei primi anni '90, quando tramite amici comuni incontrai dapprima Francis Crick al Salk Institute e Hans Bethe a Cornell, e in seguito alcune altre menti straordinarie, godendomi solipsisticamente le loro conversazioni fino al 2000.

Da allora la collaborazione con Repubblica mi ha permesso di condividere qualcuno di questi incontri coi lettori e talvolta mi ha spinto a provocare deliberatamente ciò che fino ad allora era avvenuto per caso. Il che ha richiesto vari divertenti intrighi per raggiungere alcune menti da incontrare, e ha fornito di passaggio una personale conferma ai Sei gradi di separazione di John Guare: il fatto, cioè, che attraverso qualche persona giusta

che conosce qualche persona giusta si può arrivare più o meno a chiunque, soprattutto se si tratta di una celebrità.

E una volta arrivatici incomincia lo spettacolo, perché ciascuno reagisce a modo suo. C'è chi non risponde nemmeno alle richieste di incontro, chi lo fa immediatamente e chi ti fa penare per mesi. Chi ti concede soltanto i ritagli di tempo tra un impegno e l'altro, e chi è disposto a dedicarti un'intera giornata. Chi parla solo in presenza di testimoni, e chi pretende un colloquio a tu per tu. Chi si chiude a riccio e tira fuori solo monosillabi, e chi srotola interi discorsi e non smetterebbe mai di parlare. Chi si restringe alla sola vita professionale, e chi si allarga all'intero mondo. Chi rimarrà una meteora passeggera, e chi una cometa che rivedrai più o meno spesso. Chi non ti riconoscerà il giorno dopo, e chi ti diventerà amico.

L'eterogeneità dei comportamenti soggettivi degli intervistati, così come delle condizioni oggettive in cui sono avvenute le interviste, è comunque parzialmente compensata dall'omogeneità che deriva dalla presenza di un unico intervistatore: in particolare, da una scelta dei personaggi da intervistare, e delle domande da porre loro, limitata dagli interessi e dalle conoscenze individuali ma dettata dalla speranza di esibire le complementari umanità della scienza e scientificità dell'umanesimo.

Ciò che appare qui non è però che una delle due facce della medaglia, quella scientifica: l'altra faccia, che darà voce agli umanisti (artisti, letterati, filosofi, religiosi, politici), apparirà in seguito. Per ora la parola è agli economisti, ai medici, ai biologi, ai chimici, ai fisici e ai matematici: a noi non rimane che, come disse Albert Einstein a proposito dei brani di Johann Sebastian Bach, « ascoltarli e tacere ».

CRONOLOGIA DI PREMI NOBEL E MEDAGLIE FIELDS

1954
Serre
Matematica

1957
Yang
Fisica

1958
Sanger
Chimica

1962
Watson
Medicina

1964
Townes
Fisica

1966
Atiyah
Matematica
Smale
Matematica

1967
Bethef
Fisica
Eigen
Chimica

1968
Nirenberg
Medicina

1970
Samuelson
Economia

1972
Arrow
Economia

1973
Josephson
Fisica

1974
Bombieri
Matematica
De Duve
Medicina
Mumford
Matematica

1975
Dulbecco
Medicina

1977
Prigogine
Chimica

1978
Smith
Medicina

1979
Glashow
Fisica

1980
Fitch
fìsica
Sanger
Chimica

1981
Hoffmann
chimica
Hubel
Medicina

1982
Samuelsson
Medicina

1983
Connes
Matematica

1984
Rabbia
Fìsica

1986
Herschbach
chimica
Levi Montalcini
Medicina

1987
Solow
Economia

12

1990
Mori
matematica
Witten
Matematica

1991
Ernst
Chimica

1992
Becker
Economia

1993
Mullis
chimica
Roberts
Medicina

1994
Nash
Economia

1995
Crutzen
Chimica

1996
Kroto
Chimica

1997
Scholes
Economia

1998
Laughlin
Fisica
Sen
Economia

2001
Spence
Economia
Stiglia
Economia

2002
Giacconi
Fisica
Kahneman
Economia

Parte 1 ECONOMISTI

1)

KENNETH ARROW

Nel 1785 il francese Marie-Jean-Antoine-Nicolas de Caritat, meglio noto come marchese di Condorcet, scoprì che può succedere in teoria ciò che effettivamente successe in pratica nelle elezioni presidenziali statunitensi del 1976: cioè, che Jimmy Carter vinse su Gerald Ford, che aveva ottenuto la nomination repubblicana vincendo su Ronald Reagan, che secondo i sondaggi avrebbe vinto su Carter.

Nel 1951, nell'ormai classico Scelte sociali e valori individuali (Etas, 1977) che diede inizio alla teoria delle scelte sociali, Kenneth Arrow non solo riscoprì il paradosso, ma dimostrò anche un teorema di impossibilita della democrazia secondo cui, per evitare situazioni circolari come quella immaginata da Condorcet, è

necessario rinunciare a qualcuna delle tre o quattro condizioni che in genere vengono considerate irrinunciabili per la democrazia.

Nel 1776 lo scozzese Adam Smith pubblicò il trattato Sulla ricchezza delle nazioni, nel quale giustificava il liberismo del laissezfaire sulla base dell'ipotetica esistenza di una « mano invisibile » che guiderebbe il comportamento individualistico degli agenti economici verso fini socialmente utili, benché non necessariamente da essi previsti.

Nel 1953 Arrow e Gerard Debreu dimostrarono un teorema di possibilità del mercato secondo cui, sotto particolari condizioni, la situazione immaginata da Smith si realizza effettivamente, e il mercato tende automaticamente verso l'equilibrio tra domanda e offerta.

Per questi e altri suoi influenti lavori, alcuni dei quali raccolti in Equilibrio, incertezza, scelta sociale (il Mulino, 1987), Arrow ottenne uno dei primi premi Nobel per l'economia, nel 1972 (Debreu, invece, lo ottenne nel 1983). Noi l'abbiamo intervistato il 26 maggio 2001 a Stanford.

16

Lei ha iniziato prendendo una laurea e un dottorato in matematica: che cosa la interessava di più, in quel campo?

Ho studiato analisi superiore e le equazioni differenziali, che in seguito ho usato parecchio. Ma mi eccitò particolarmente un corso di probabilità e statistica: benché piuttosto brutto, mi insegnò che si potevano fare affermazioni precise e utili su un mondo incerto. Per conto mio studiai anche la logica matematica, che mi diede un'emozionante prospettiva sulla vera natura del ragionamento.

Dai suoi lavori sulla scelta sociale, è chiaro che lei aveva anche interessi filosofici. Chi l'ha influenzata di più nel suo lavoro?

Stranamente, non ho fatto studi regolari di filosofia. Lessi un bel po' di Bertrand Russell e, in seguito, dei filosofi più influenti nell'economia: Jeremy Bentham e Henry Sidgwick. Le idee di Kant le ho imparate di seconda mano, benché in molti rispetti le consideri le più eccitanti. E molto dopo i miei studi sulla scelta sociale ho letto la Teoria della giustizia di Rawls.

Come è passato dalla matematica all'economia?

Il cammino è stato casuale, come si addice a chi si interessi di probabilità. Capii che ciò a cui ero veramente interessato era la statistica, con qualche preferenza per i fondamenti. Poiché però di posti dove studiare statistica ce n'erano pochi, e nessuno

aveva un dottorato, mi iscrissi a matematica alla Columbia, ma capii presto che i matematici non consideravano la statistica una cosa seria.
Il mio professore, Harold Hotelling, insegnava anche economia matematica, e mi convinse a passare al dottorato in economia. I suoi corsi di statistica erano meravigliosi, e io incominciai a percepire che c'erano un sacco di problemi in economia per i quali la matematica e la statistica sarebbero state utili.

Lei è anche stato allievo del grande logico polacco Alfred Tarski. Come è successo?

Tarski era venuto a New York per qualche convegno nell'ago-

sto 1939, e fu sorpreso dallo scoppio della seconda guerra mondiale. Il Dipartimento di Filosofia aveva un posto libero, e colse l'occasione per offrirglielo. Lui, però, non conosceva l'inglese, e poté iniziare a insegnare solo nel febbraio 1940.

Lei sapeva già chi era?

Certo, e volevo assolutamente studiare con lui. Mi iscrissi al suo corso sulla teoria assiomatica delle relazioni, ma agli inizi nessuno di noi riusciva a capirlo: parlava più o meno correttamente, ma con accenti completamente sbagliati. Poi però ci abituammo alla sua dizione. Dopo il corso mi chiese di leggere le bozze della traduzione inglese di un suo libro, e per questo motivo lo incontrai abbastanza spesso.

Come l'hanno aiutata i suoi studi di logica, e in particolare di teoria delle relazioni, a trovare e provare il suo teorema di impossibilità della democrazia?

Le formule logiche, e in particolare l'uso di concetti della teoria delle relazioni quali «transitività» e «completezza», fornirono il linguaggio essenziale. Appena incominciai a studiare economia capii, grazie all'insistenza di Hotelling sulla natura ordinale dell'utilità e della preferenza, che la teoria economica del consumatore si poteva enunciare nei termini di una relazione d'ordine. La cosa mi sembrò tanto ovvia, che non mi preoccupai di pubblicarla.
Pubblicai invece un lavoro che classificava differenti formulazioni della razionalità in termini di relazioni, d'ordine e di altro tipo. Quel lavoro diede inizio a un'intera linea di ricerca. Ancora oggi non vedo come si possa discutere delle scelte, sociali o individuali, senza usare i concetti della teoria delle relazioni.

Samuelson ha descritto un suo risultato come « il teorema di Gödel dell'economia». Cosa pensa del paragone?

Personalmente, non li trovo molto simili: sono entrambi risultati paradossali di non esistenza, ma questo è tutto. Matematicamente, poi, il teorema di Gödel è molto più profondo.

18

Il concetto di « democrazia » ha perso un po' della sua attrattiva e del suo significato, a causa del suo teorema di limitatezza?

Il significato profondo del mio teorema è che non possiamo escludere la possibilità di conflitti irrisolvibili. Anche se questa è solo una possibilità, rimane comunque una profonda verità sul mondo sociale. In poche parole, la democrazia non sempre funziona.
Potrei però aggiungere che la definizione di democrazia nella teoria delle scelte sociali è così debole, che il teorema si applica a qualunque sistema per conciliare preferenze individuali: comprese le dittature, perché anch'esse ammettono una pluralità di centri di potere.

A proposito dell'altro suo celebre teorema, quello sull'equilibrio dei mercati, cosa pensa dell'approccio alternativo sviluppato da Smale?

Il suo approccio topologico mi sembra molto meglio per visualizzare il funzionamento del sistema competitivo. Ed è anche più costruttivo, per quanto riguarda l'esistenza delle soluzioni. D'altra parte, l'approccio differenziale è più illuminante dal punto di vista algoritmico, oltre che per lo studio del numero di equilibri.

Il concetto di « economia di mercato » ha acquistato plausibilità scientifica, a causa del suo teorema di esistenza degli equilibri?

Non penso che quel teorema abbia troppe conseguenze filosofiche o politiche, se non per il fatto che la sua dimostrazione ha richiesto una formulazione più chiara del modello competitivo, che poi è risultata utile anche nelle applicazioni pratiche. Direi che sono piuttosto i teoremi sulle scelte sociali a essere utili per giustificare l'economia di mercato. O meglio, per mostrare quali siano le condizioni senza le quali l'economia di mercato non produce risultati ottimali.

A livello personale, quale il suo modello preferito di sistema elettorale?

19

Per cariche isolate, quali la presidenza degli Stati Uniti, preferisco il sistema preferenziale a turno unico. In altre parole, ogni votante classifica i candidati, e il candidato che ha

la maggioranza assoluta di prime scelte vince. Se nessuno ha la maggioranza, il candidato con il numero minore di prime scelte viene eliminato e le liste di preferenza vengono aggiornate. Si continua, poi, fino a che qualche candidato ottiene la maggioranza. Per cariche multiple, quali le legislature, preferisco una quota proporzionale (individuale, non partitica) e una uninominale (eletta con il procedimento precedente). Se però ci sono minoranze significative e identificate, come nel caso di molti paesi africani con diverse etnie tribali, bisogna modificare il sistema per proteggerle.

Che cosa pensa del sistema elettorale statunitense, che permette a un candidato di vincere anche senza la maggioranza dei voti popolari?

Lo scopo originale era di proteggere gli stati piccoli, ma oggi essi non rappresentano più nessun interesse riconoscibile. Io preferirei abolire i collegi elettorali e avere un sistema preferenziale del tipo che ho descritto.

E che cosa pensa del sistema elettorale italiano, che permette a un candidato con un enorme conflitto di interessi di diventare primo ministro?

Questo, naturalmente, non è un problema del sistema elettorale. Ciò che non capisco è perché l'elettorato italiano non abbia rifiutato un simile candidato.

Bush e Berlusconi ripropongono oggi il liberismo già proposto, tempo fa, da Reagan e Thatcher. È sensato?

Il termine « liberismo » è molto vago, e può significare molte cose. Gli Stati Uniti hanno guadagnato parecchio da deregolamentazioni e privatizzazioni, che in realtà furono iniziate già da Carter: ad esempio, per quanto riguarda le compagnie aeree e il mercato petrolifero.
Reagan intendeva invece per « liberismo » il lassismo fiscale,

e pensava che i tagli delle aliquote avrebbero speronato l'economia e azzerato il deficit attraverso la crescita. Quella era un'idiozia, ma non mi sembra che Bush si sia rimesso su quella strada, nonostante i suoi tagli fiscali. C'era un largo consenso sul fatto che le tasse dovessero essere ridotte, e il problema era solo di quanto. Io penso che il taglio sia stato eccessivo, ma non irresponsabile come ai tempi di Reagan.
Quanto a Berlusconi, non conosco il suo programma. Ma mi sembra che le restrizioni della Comunità Europea siano così severe, da non lasciare troppi margini alla politica fiscale.

E comunque vero che un taglio alle tasse può produrre aumenti del fisco, come sosteneva Laffer con la sua famosa curva?

Naturalmente, un'aliquota così alta da scoraggiare ogni attività produrrebbe un gettito nullo: abbassarla, dunque, aumenterebbe le entrate. Ma la cosa non riguarda certamente le aliquote attuali, incluse quelle sui capital gains.

Come condenserebbe in poche parole i successi del suo lavoro di mezzo secolo nel campo dell'economia matematica?

Lo studio dell'equilibrio, con particolare riguardo al tempo e all'incertezza, ha aperto la via per capire quali processi economici non siano puramente competitivi, e quale ruolo svolga l'informazione. Una volta capito che l'incertezza è solo un aspetto, e che l'informazione è variabile, si aprì la via per lo studio di argomenti quali le relazioni finanziarie e le innovazioni. Tutto ciò non è così sorprendente, col senno di poi. Ma quando io ero studente nessuno aveva compreso quanto le istituzioni economiche esistenti potessero essere spiegate in termini di mancanza di informazione. E non c'erano gli strumenti tecnici per lo studio delle dinamiche economiche, che abbiamo dovuto sviluppare.

E le sue delusioni?

La mia illusione maggiore è stata pensare che, una volta determinate le condizioni di ottimalità, si sarebbe potuto effettuare una programmazione razionale. Ora ho capito che la mancanza

di adeguata informazione al centro, unita al comportamento opportunistico della burocrazia, impediscono una pianificazione efficace anche in presenza della decentralizzazione, soprattutto a lungo termine. E la cosa vale non soltanto per lo stato, ma anche per le imprese.

2)

GARY BECKER

I mercati e le merci sono naturalmente i soggetti di studio preferiti dagli economisti, ma a volte qualcuno «estende il dominio dell'analisi microeconomica a un vasto spettro di comportamenti e interazioni umane, non necessariamente mercantili»: è il caso di Gary Becker, che ha appunto ricevuto il premio Nobel per l'economia nel 1992 con questa giustificazione.

In libri che hanno fatto storia, quali Economia della discriminazione (1957), il capitale umano (1964), Economia di delitto e castigo (1974) e Trattato sulla famiglia (1981), così come nei saggi raccolti in L'approccio economico al comportamento umano (il Mulino, 1999), Becker ha mostrato come l'impresa possa fornire un modello adeguato per comprendere i microcosmi e i macrocosmi umani, dall'apartheid e la fabbrica alla criminalità e la famiglia, e come l'economia possa diventare uno strumento essenziale per la sociologia.

Membro del famoso e controverso gruppo di liberisti dell'Università di Chicago, che ha ispirato le politiche economiche di Augusto Pinochet, Margaret Thatcher e Ronald Reagan, Becker ci ha concesso questa intervista a Venezia il primo dicembre 2005, in occasione degli annuali Telecom Colloquia sull'economia.

Vogliamo cominciare da quelli che, nella sua autobiografia, lei dice essere stati i suoi interessi giovanili, e cioè palla a muro (Tiandbal) matematica e sociologia?

Effettivamente ero il miglior giocatore della mia squadra, ma purtroppo ci si allenava nello stesso orario delle esercitazioni di matematica. Così ho dovuto prendere una decisione importante per la mia vita: sapendo che non sarei mai diventato campione del mondo a pallone, ho scelto la matematica.

Ha continuato a giocare in seguito?

A palla a muro no, anche perché è molto veloce. Ho giocato a tennis, che è più lento: lo faccio ancora un paio di volte la settimana, per tenermi in esercizio.

E si è poi laureato in matematica?

No. Ho dato tutti gli esami, ma nel frattempo ho capito che la matematica mi interessava soltanto come mezzo per risolvere problemi di economia: non volevo diventare un teorico in grado di dimostrare teoremi di esistenza e unicità delle soluzioni delle equazioni differenziali, ma incapace di risolverle!

Ci sono teorici di quel genere anche in economia?

Certo. Un esempio è Gerard Debreu, che non a caso era un matematico. E oggi c'è gente che fa lavori ancora più astratti dei suoi.

Questi lavori hanno interesse per il mondo reale?

Qualcuno sì, e molti no. Le dimostrazioni di esistenza degli equilibri, ad esempio, hanno una qualche utilità, ma non possono essere prese di peso e applicate a problemi concreti.

Non sono utili, almeno, in quanto giustificazione teorica della « mano invisibile» e del capitalismo?

La « mano invisibile » non ha certo bisogno della nostra giustificazione, visto che è nata prima dell'economia. I molteplici vantaggi del mercato sono risultati subito evidenti, non appena le società l'hanno sviluppato: si è immediatamente capito che, anche se tutti cercano soltanto di fare il proprio interesse, indirettamente finiscono per fare l'interesse comune. Credo che questo sia il massimo risultato delle scienze sociali!

Ma è poi così vero? Ad esempio, Stiglitz ha dimostrato che i teoremi di equilibrio valgono soltanto se si fanno ipotesi irrealistiche.

Io credo che sia più vero che falso. In fondo, le economie che hanno avuto successo nel mondo sono quelle di mercato, non quelle pianificate! Naturalmente non esiste un mercato ideale, e in ogni mercato reale uno Stiglitz può facilmente trovare

qualche imperfezione. Ma quali sono le alternative, e le loro imperfezioni? Quando si lascia che siano i governi a decidere, ci si accorge che non lo sanno fare!

Eccolo qua, il ragazzo di Chicago! Se posso fare l'avvocato del diavolo, però, non è forse vero che il capitalismo ha avuto secoli a sua disposizione, mentre le economie pianificate soltanto una settantina d'anni?

No. Il controllo statale dell'economia è vecchio non di decenni, ma di millenni! Nella Ricchezza delle nazioni Adam Smith se la prendeva col mercantilismo, che era appunto un tipo di economia statale. È il capitalismo a essere relativamente nuovo, almeno nella sua versione sviluppata: alcuni secoli, non di più.

Al socialismo reale non mancavano comunque gli strumenti tecnici necessari alla pianificazione, a partire dai computer?

Il difetto fondamentale dell'economia a pianificazione centrale non era nella capacità di calcolo, ma nella struttura di incentivi che offriva (o meglio, non offriva) alla gente. Io ho visitato la Cina nel 1981, quando ancora c'era il comunismo, e ho visto che nelle fabbriche la gente semplicemente non lavorava: ora, i cinesi sono un popolo straordinariamente operoso, ma senza incentivi nemmeno loro lavorano!

Non è possibile creare un giusto sistema di incentivi anche nelle economie centralizzate?

Io credo di no. Il capitalismo invece lo fa, con tutte le sue imperfezioni: spinge ad andare avanti, a guadagnare di più, a cercare un lavoro migliore. E se si lascia lavorare la competizione, queste cose portano a un sistema abbastanza buono, benché non perfetto.

Ma, come dite voi di Chicago, there's no gain without pain, « non c'è cena senza pena ». Il problema e: la cena di chi, e la pena di chi?

A volte sono gli imprenditori a lamentarsi di aver avuto la pena, ma non la cena. E se guardiamo ai paesi in via di sviluppo, ad

esempio di nuovo la Cina, i lavoratori stanno meglio oggi di venti o trentanni fa: molto meglio! Sono loro a ottenere la maggior parte dei benefici, non i governi o i pochi capitalisti sul mercato. I salari sono aumentati enormemente, e permettono alla gente di lasciare le campagne e andare a lavorare in città: in Cina oggi questo si vede in maniera drammatica, ma in Occidente è già successo negli ultimi centocinquant'anni.

Ma nessuno ha fatto regali ai lavoratori, che hanno dovuto lottare per ogni miglioramento!

Non è certo grazie ai sindacati, che i salari sono aumentati. Ad esempio, negli Stati Uniti i sindacati non hanno avuto nessuna importanza fino agli anni '30, e ciò nonostante i salari sono enormemente aumentati. Anche adesso l'economia statunitense è sostanzialmente non sindacale: solo un 10 per cento dei lavoratori non statali è iscritto a un sindacato, ma i salari continuano a crescere. I fattori importanti sono la produttività e la competitività: naturalmente, lei ha ragione a dire che nessuna industria aumenta i salari volontariamente, ma lo fa se è spinta dalla competizione del mercato, non dalle richieste dei lavoratori.

Non c'è contraddizione nel fatto che lei, pur essendo della scuola di Chicago, sia passato alla storia per aver applicato l'economia alla sociologia?

Io credo che si debba guardare all'economia in maniera integrata, e ho cercato di combinare i miei due interessi: il libero mercato da una parte, e l'importanza dell'educazione e degli immortizzatori sociali dall'altra.

Che ruolo ha dunque il governo?

Un ruolo cruciale, benché limitato. E se questo ruolo è svolto male, l'economia ne risente gravemente. Purtroppo questo è ciò che succede nella maggior parte del mondo.

Venendo al suo lavoro, lei ha cominciato con Friedman a Chicago.

Sì, ed è stata la persona che mi ha più influenzato. Mi ha inse-

26

gnato un sacco di cose, ma soprattutto a usare l'economia per studiare problemi concreti.

Che cosa pensa delle critiche che gli hanno rivolto, per nn suo coinvolgimento col regime di Pinochet?

Quello del Cile è stato un esperimento economico di grande successo. Tra l'altro era cominciato ben prima di Pinochet, negli anni '50, con un contratto di cooperazione bilaterale tra le università di Chicago e Santiago. E molti degli studenti che noi abbiamo addestrato, i famosi Chicago boys, hanno lavorato per il governo cileno non solo sotto Pinochet, ma anche prima e dopo di lui.

E delle critiche rivolte a lei, per un suo lavoro di « economia sociale »?

A molti economisti non piaceva che l'economia si « contaminasse » con problemi esterni alla sua tradizione. Dal canto loro, i sociologi temevano invece un'invasione di campo. Ma oggi queste paure sono passate, da entrambe le parti: soprattutto nei giovani economisti, molti dei quali si interessano senza problemi di argomenti come l'educazione, la psicologia, la criminologia...

Come ha affrontato nella sua tesi, nel 1957, il problema della discriminazione?

Ho cercato anzitutto di farne un modello matematico che fosse applicabile all'economia: questo richiese un certo tempo, perché non erano cose di cui gli economisti si fossero mai occupati. Poi cercai di usarlo per determinare che effetto hanno sulla discriminazione la competizione, il monopolio o il governo. Quest'ultimo, ad esempio, può combatterla o fomentarla, come faceva appunto nel sud degli Stati Uniti in quegli anni.

Se ho capito bene, le sue conclusioni furono che la discriminazione non è economicamente conveniente: non solo per chi la subisce, ma neppure per chi la fa.

Sì, e in misura tanto maggiore, quanto più grande è il gruppo discriminato. Dei calcoli molto approssimativi sul Sudafrica, in

cui si discriminava addirittura la maggioranza della popolazione, mostrarono che sarebbe stato meglio anche per i bianchi allentare o abolire la discriminazione, come poi è effettivamente successo.

Il suo lavoro successivo, nel 1964, fu sul « capitale umano », un'espressione che oggi è divenuta di uso comune. L'ha inventata lei?

No, io l'ho solo usata per la prima volta nel titolo di un libro. Ma allora suonava così male, che ci ho messo un lungo sottotitolo: sembrava che parlando di capitale umano si volesse trattare la gente come mercé, anche se io mi interessavo solo di educazione e di addestramento al lavoro. Col tempo l'espressione è stata accettata, e oggi tutti la usano senza esitazione.

Negli anni della contestazione, tra il '68 e il '74, lei si interessò di criminalità, arrivando a definirla « un comportamento razionale in una situazione di incertezza »: come le è venuta questa idea?

Un giorno stavo andando in università per dare un esame. Ero in ritardo, e dovetti decidere se lasciare la macchina in divieto di sosta, o andare fino al parcheggio. Cercai di capire che probabilità c'era che prendessi una multa, tenuto conto del fatto che anche la polizia cerca di capire che probabilità c'è che la gente parcheggi in divieto, per decidere quanto spesso fare i controlli. All'esame chiesi allo studente di risolvere il problema teoricamente, e visto che lui non seppe farlo sul momento, cominciai a pensarci io per un po'.

E quali furono le sue conclusioni?

Che la soluzione del problema della criminalità richiede una certa proporzione del bastone e della carota. Il bastone è che si deve scoraggiare il crimine aumentandone il costo, cioè la probabilità di essere presi e la durezza della pena. La carota è che si devono migliorare le possibilità di educazione e di impiego, per non rendere inevitabile l'infrazione della legge.

Quali sono i migliori bastoni?

Le multe, quando si possono usare: cioè, con la gente che ha i

soldi per pagarle. Naturalmente, per certi crimini la multa può diventare infinita, nel senso che può essere necessario un altro tipo di pena: eventualmente, fino a quella capitale. Per altri crimini, si può anche offrire una scelta tra la galera e la multa.

Ma questo non avvantaggerebbe i ricchi?

Non necessariamente. Dipende dalla scelta: tra un mese in prigione e un milione di dollari di multa, molti ci penserebbero.

Nel 1981 lei ha affrontato il suo ultimo grande problema, la famiglia, guardando ad essa come a una piccola industria. Immagino che anche questo abbia sollevato controversie.

Sì, tanto che nella giustificazione del premio Nobel se ne parla come di « un'estensione della teoria economica ancora più radicale » delle altre.

Che tipo di estensione?

Ho cercato di applicare sistematicamente la logica economica a problemi come il matrimonio, la procreazione, l'educazione dei figli, il divorzio... Spiegando, ad esempio, come mai i ricchi hanno meno figli dei poveri, ma i poveri divorziano più dei ricchi, nonostante la comune opinione contraria.

Lei ha anche scritto regolarmente per Business Week. Quanto importante è la divulgazione, in economia?

Molto. La maggior parte degli economisti non sanno come scrivere in parole povere, e invece è importante saperlo fare e farlo: se si vogliono portare idee al pubblico, non si può certo usare il linguaggio tecnico del proprio campo!

3)

DANIEL KAHNEMAN

La teoria economica classica si basa su un modello prescrittivo di razionalità astratta assiomatizzato nel 1944 da John von Neumann e Oskar Morgenstern nel classico Teoria dei giochi e comportamento economico, secondo il quale gli individui agiscono in maniera perfettamente logica, e sono guidati unicamente dallo scopo di massimizzare i profitti e minimizzare le perdite.

Nel 1952 Maurice Allais, premio Nobel per l'economia nel 1988, scoprì però il seguente paradosso della teoria classica. Se ci offrono di darci 1 milione sicuro al cento per cento, oppure 1 milione all'89 per cento e 5 milioni al 10 per cento, in maggioranza scegliamo la prima opzione, per non rischiare di restare a bocca asciutta all'1 per cento. E se ci offrono di darci 1 milione all'11 per cento, oppure 5 milioni al 10 per cento, in maggioranza scegliamo la seconda, perché consideriamo le due probabilità quasi uguali. Ma questo non è razionale, perché la

prima scelta non è altro che la seconda, aumentata dell'89 per cento di possibilità di avere 1 milione in entrambe le opzioni: dunque, dovremmo scegliere entrambe le volte la prima opzione, oppure entrambe le volte la seconda.

Partendo da questo paradosso, negli anni '70 Amos Tversky e Daniel Kahneman hanno iniziato uno studio sistematico della concreta razionalità umana, opposta all'astratta razionalità logica, dimostrando che essa segue precise regolarità che definiscono una vera e propria economia comportamentale. Ad esempio, le persone scelgono fra opzioni equivalenti in maniera diversa, a seconda di come queste vengano loro presentate. Sono più sensibili alle variazioni della ricchezza, che ai suoi valori assoluti. Pretendono di comprare uno stesso bene a un prezzo inferiore a quello al quale sono disposti a venderlo. Si dispiacciono di più di perdere una certa somma, di quanto gioiscano nel-

l'ottenerla. Tendono a conservare lo status quo più di quanto siano disposti a cambiarlo, eccetera.

Un'esposizione divulgativa di questi risultati si trova nella Critica della ragione economica di Daniel McFadden, Daniel Kahneman e Vernon Smith (Saggiatore, 2005), e grazie a essi Kahneman è diventato nel 2002 il primo psicologo di formazione a vincere il premio Nobel per l'economia: un onore che non ha condiviso con Tversky soltanto perché questi era prematuramente morto nel 1996. L'abbiamo intervistato il 14 gennaio 2006 a New York, intercettandolo mentre era di passaggio tra l'Antartide e Israele.

Nella sua autobiografia Francis Crick dice che i pettegolezzi sono un test di interesse: lei è d'accordo, visto che ha dichiarato di essere diventato psicologo perché da bambino amava i pettegolezzi (o viceversa)?

Sì, anche se a quell'età io ero un consumatore di pettegolezzi, più che un produttore: il mio mondo infantile era costituito da gente che parlava di altra gente.

Era un mondo di sole parole?

Di parole e gente, e di parole sulla gente. Non c'era molto altro, e in particolare mancava completamente la natura.

Forse perché l'ebraismo è una religione del libro?

Non so se fosse tipicamente ebreo, il fatto che le parole avessero così tanta importanza: è difficile per me separare le influenze, anche perché molte delle cose che io credevo fossero ebree, in seguito ho scoperto che in realtà sono russe.

In che senso?

Che i miei genitori era lituani, e durante e dopo la prima guerra mondiale andarono a stare in Russia. Mia madre fece le superiori là, e anche in seguito avevano molti amici russi.

A proposito di amici, vogliamo parlare di Amos Tversky, che il

premio Nobel del 2000 Daniel McFadden ha definito « una delle grandi menti del XX secolo »?

Lo era, e molti di quelli che lo conoscevano lo consideravano la persona più intelligente che avessero mai incontrato. Era veloce e profondo allo stesso tempo, ma anche molto divertente. E non c'è dubbio che fosse una persona eccezionale: ad esempio, quando si ammalò decise che sarebbe « morto bene », e lo fece.

Come?

Disse solo a pochi intimi che era alla fine e continuò a lavorare come sempre, fino a un mese e mezzo prima di morire. E quando fu costretto a rimanere a casa fece sapere che non voleva essere visitato, ma che si poteva scrivergli. Lo fecero in centinaia, e lui ne ricavò non solo piacere, ma anche divertimento: leggeva le lettere insieme con la famiglia, e poi le classificava in base all'eloquenza o ad altri fattori.

E scientificamente com'era?

Fin da giovane, è sempre stato uno che non faceva molti errori. Anche perché, in un certo senso, era molto conservatore: tra noi due, ero io l'avventuroso che amava esplorare, mentre lui preferiva andare coi piedi di piombo. Ma proprio per questo siamo stati una coppia straordinaria, e abbiamo fatto un ottimo lavoro insieme.

Parliamone un po', allora. Molti dei vostri risultati riguardano errori di percezione della probabilità e della statistica, che è un soggetto molto poco intuitivo, per non dire controintuitivo: è poi così strano che la gente sbagli, quando la usa?

Ha ragione: dal punto di vista dell'uomo comune, la cosa non è affatto sorprendente. Ma lo diventa dal punto di vista degli economisti, perché una delle assunzioni della teoria della decisione classica è che la gente sia intuitivamente statistica. E molto di ciò che noi facemmo aveva questa caratteristica, di essere ovvio se si lo si guardava da un punto di vista superficiale, e sorprendente da un punto di vista economico. Si potrebbe dire

32

che il nostro successo sia stato proprio quello, di essere riusciti a far accettare l'ovvio nella teoria della decisione.

E qual è l'ovvio, in generale?

Che, a differenza di quanto pensava Ward Edwards, maestro di Tversky, l'intuizione non è affatto una buona prima approssimazione al ragionamento statistico corretto.

E neppure al ragionamento logico corretto, mi sembra.

Certo, e anche lì c'erano potenti teorie che partivano dall'assunzione che la logica fosse una descrizione di come la gente ragiona in pratica: quelle di Piaget, ad esempio. E invece la psicologia cognitiva ha mostrato che la logica che si usa intuitivamente è molto diversa da quella che si apprende nei manuali.

Da dove arriva questa discrepanza?

Dal fatto che abbiamo due sistemi fondamentalmente diversi per pensare, probabilmente associati con due diverse parti del cervello: uno di questi sistemi è antico, veloce, automatico e informale, e l'altro è recente, lento, deliberato e formale. Quando noi abbiamo cominciato, l'assunzione di partenza era che il primo sistema fornisse un'approssimazione del secondo: noi l'abbiamo contestata e confutata, mostrando che spesso intuizione e ragionamento arrivano a conclusioni contrapposte.

Non si può vedere la teoria classica come una semplificazione della realtà, invece che come un'approssimazione? Un po' come nella fisica si studiano i fluidi o i gas ideali, invece di quelli reali?

Non credo che tutto ciò che noi abbiamo fatto si possa descrivere in quel modo, ma qualcosa sì.

Ad esempio?

La nostra teoria dell'incorniciamento (framing). In tal caso l'intenzionalità della rappresentazione, che fa percepire come diverse opzioni che sono in realtà estensionalmente equivalenti, è un po' come l'attrito, che produce diverse traiettorie in situazioni che senza attrito ne produrrebbero una sola.

33

Qual è stata la reazione della comunità scientifica a queste vostre scoperte?

Per dirgliene una, una volta incontrai Max Black a un party a Gerusalemme, e quando cominciai a raccontargli quello che stavamo facendo, lui mi fermò subito perché, disse, non era interessato alla « psicologia della stupidità ».

Ma molta gente non è veramente stupida? Infondo, per definizione, la metà delle persone ha un quoziente d'intelligenza inferiore alla media(na)...

Io credo che in genere la gente sia abbastanza ragionevole, e pensare che volessimo mostrarne la stupidità è stata una distorsione del nostro lavoro. Noi eravamo semplicemente interessati al fatto che si commettono errori: tra l'altro, li commettevamo anche noi stessi, senza per questo credere di essere stupidi! Ma è stato anche grazie a quella distorsione che siamo diventati influenti e importanti, e quindi non possiamo lamentarcene. Anzi, dobbiamo esserne contenti.

Vuoi dire che siete stati accettati per sbaglio?

Più per accidente, direi: perché abbiamo trovato dei problemi che non si potevano facilmente rimuovere, visto che i lettori si accorgevano di commettere gli stessi errori delle nostre cavie.

Come siete passati dallo studio dei giudizi fallaci a paradossi della scelta come quello di Allais?

Sentivamo di aver esaurito l'argomento dei giudizi che la gente da, che era stato il punto di partenza naturale per uno psicologo generale come me. Fu Tversky a suggerire di passare allora alle decisioni che la gente prende, e poiché io non conoscevo la teoria delle decisioni lui mi diede da leggere un suo libro sull'argomento, in cui si parlava anche del paradosso di Allais.

Nella sua autobiografia lei non sembra considerare quel paradosso un gran che, però.

Perché è un altro di quegli esempi che, dal punto di vista psi-

cologico, sono banali: in fondo, sappiamo tutti che la risposta soggettiva alle probabilità non è lineare, e che la differenza tra lo 0 per cento e l'1 per cento non è la stessa di quella tra il 10 per cento e l'11 per cento. La difficoltà sta nel capire perché la cosa debba essere considerata una violazione della logica economica.

Questo dimostra che lei è veramente uno psicologo, perché sembra che quando nel 1952 Allais presentò il suo paradosso ad alcuni economisti, tra i quali cera gente come Arrow, Friedman e

Samuelson, molti non credettero che si potesse veramente scegliere in quel modo!

È vero, Samuelson non ci cascò, e prese in giro quelli che ci cascarono dicendo che «videro che l'intuizione non soddisfaceva gli assiomi, e decisero di seguire l'intuizione, lasciando che gli assiomi si soddisfacessero da soli ». Ma Allais credeva comunque di aver messo con le spalle al muro quella che nel titolo del suo lavoro chiamò Yécole américaine: si aspettava che confessasse i suoi errori e si convertisse alla sua verità. Invece quasi nessuno ci fece caso: solo gli specialisti ebbero un piccolo shock, perché capirono che quella era una vera sfida. Fummo noi a raccoglierla, e di lì nacque la nostra teoria del prospetto {prospect).

A proposito di critiche all'école américaine, come paragonerebbe la vostra con quella di Herbert Simon?

In un certo senso noi abbiamo seguito il suo programma generale sulla « razionalità limitata », anche se le limitazioni alla razionalità luì le trovava in un campo diverso dal nostro: nell'incapacità di cercare nello spazio delle soluzioni, cioè, invece che nell'incapacità di vedere le soluzioni stesse.

E per quanto riguarda la teoria di Akerlof, Spence e Stiglitz sull'asimmetria dell'informazione?

Più che un modo per attaccare la razionalità, quello mi sembra un modo per salvarla, perché cerca di vedere come una persona razionale debba agire quando l'informazione che ha è imperfet-

ta. L'asimmetria dell'informazione è una limitazione oggettiva della situazione, non soggettiva della razionalità.

Prima accennava alla probabile base cerebrale dei due sistemi di giudizio: che cosa pensa della neuroeconomia?

È interessante, anche se non è il mio campo. E agli economisti piacerà certo di più della psicologia.

Perché?

Perché loro non amano fare domande alla gente, preferiscono l'azione. E se non c'è azione, preferiscono guardare direttamente dentro al cervello.

Che cosa avranno pensato del suo premio Nobel, allora?

Almeno in economia, il premio Nobel in genere non viene dato per la qualità del lavoro fatto, ma per la sua influenza: per questo a volte passa così tanto tempo tra il lavoro fatto e l'assegnazione.

Nel mio caso, io l'ho preso perché altra gente si è interessata a ciò che ho fatto: non sono io che l'ho ottenuto, ma loro che l'hanno ottenuto per me.

Lei ha anche dichiarato che se il suo lavoro con Tver sky sulla teoria del prospetto fosse stato pubblicato su una rivista di psicologia, invece che di economia, non avrebbe avuto lo stesso impatto.

In effetti, quello è stato un altro colpo di fortuna: noi scegliemmo Econometrica non per calcolo, ma perché era la rivista su cui si pubblicavano i migliori lavori di teoria della decisione. Volevamo far parte di quel gruppo, non essere ben visti dagli economisti. Ma, comunque, l'intera faccenda del Nobel è un po' una pazzia.
Anche perché in economia lo si può prendere per i motivi più disparati, che vanno dalla sociologia alla teoria dei giochi.
Quando lo diedero a Simon nel 1978 per la teoria della decisione, fu uno scandalo. Tversky era all'Università di Chicago il giorno in cui ci fu l'annuncio, e sentì un famoso economista dire a un altro: « La prossima volta lo daranno a un'infermie-

ra». Avranno detto lo stesso quando lo diedero a me, anche perché in fondo fu Simon a proporci per il premio, verso il 1985 o1986.

Come mai ci volle così tanto, poi?

Chissà. Quando Tversky stava morendo, uno degli insiders^ volle fargli sapere che eravamo nella lista ristretta, e che l’avremmo avuto da un anno all’altro. Probabilmente la sua morte ritardò un po’ la cosa per me, e se lui fosse vissuto l’avremmo forse preso prima insieme.

Ora lei sta studiando la felicità: in che senso?

Attraverso la teoria della decisione incominciai a interessarmi dell’utilità, e scoprii che la si può intendere in vari modi diversi: come ricordo passato, come sensazione presente e come previsione futura. E questi modi divergono fra loro: se si chiede alla gente che utilità assegnano a qualcosa che hanno sperimentato, o che potranno sperimentare, si scopre che non è la stessa utilità che le assegnano mentre la stanno sperimentando. In altre parole, si fanno errori nei ricordi e nelle aspettative, e come al solito si tratta di errori sistematici e prevedibili.

E questo cosa ha a che fare con la felicità?

Porta a chiedersi che cosa significhi il nostro benessere attuale,

visto che lo valutiamo sulla memoria del passato e sulle aspettative del futuro. E anche a chiedersi se siamo veramente felici, o infelici, quanto crediamo di essere.

4)

JOHN NASH*

Un libro di Sylvia Nasar (Rizzoli, 1999) e un film di Ron Howard, entrambi intitolati A Beautiful Mind & di grande successo, hanno raccontato la strana storia di John Nash, il genio che ha legato il suo nome a una serie di risultati ottenuti nel giro di una decina d’anni e pubblicati in una decina di articoli, recentemente raccolti da Harold Kuhn e Sylvia Nasar in Giochi non cooperativi e altri scritti (Zanichelli, 2004), un paio dei quali gli sono valsi il premio Nobel per l’economia nel 1994.

È una tragica ironia del destino che un uomo che ha vissuto venticinque anni da squilibrato, soffrendo di schizofrenia paranoide e credendosi l’imperatore dell’Antartide e il Messia, sia passato alla storia per aver introdotto la nozione di equilibrio oggi universalmente usata nella teoria dei giochi: di un comportamento, cioè, che non può essere migliorato con azioni unilaterali, nel senso che lo si sarebbe tenuto anche avendo saputo in anticipo il comportamento dell’avversario.

Grazie agli uffici del comune amico Kuhn abbiamo potuto passare il pomeriggio del 13 ottobre 2003 a Princeton con questa « mente meravigliosa », parlando a ruota libera di matematica e pazzia e ripercorrendo alcune tappe della sua singolare vicenda scientifica e umana.

La sua autobiografia per la Fondazione Nobel incomincia con una strana frase: « La mia esistenza come individuo legalmente riconosciuto e iniziata il 13 giugno 1928 ».

Non ricordo perché ho detto così allora: quando scrivo cerco di essere spontaneo e senza costrizioni, e le cose escono diverse a seconda delle volte. Ma il concetto di « inizio » varia: ad esem-

*Parte di questa intervista è già apparsa nel volume Il matematico impertinente, edito da Longanesi nel 2005.

pio, in Cina si misura dal momento del concepimento. In Occidente, invece, una persona non esiste legalmente fino a che non è nata.

In certi ambienti c’è un analogo problema relativo al momento in

cui il nascituro acquista un’anima.

Le cose sono cambiate nel tempo, e oggi i cattolici la pensano come la gente comune di qualche secolo fa. In fondo, tutto si riduce a una competizione di numeri.

Lei è religioso?

Ho cambiato varie volte idea, quand’ero mentalmente disturbato. Si rischia di uscire di testa pensando troppo alla religione, soprattutto se si fa della scienza e si cerca di tenere fede e ragione in compartimenti separati. Un’osservazione elementare, però, è che le varie religioni sono logicamente incompatibili fra loro: non possono dunque essere tutte vere.

La stessa cosa vale per la politica, di cui lei ha scritto che è « un inutile spreco di energia intellettuale ».

Mi riferivo soltanto alla mia esperienza personale, influenzata dalla malattia mentale: ho cominciato a guarire quando ho rifiutato alcune delle mie illusioni in questo campo. La politica non è certo uno spreco di energie per i politici di professione!

A proposito di pensiero logico, la nozione di equilibrio che porta il suo nome sembra derivare più da un’analisi filosofica che da una problematica matematica.

In effetti l’interesse non era semplicemente matematico, anche se bisogna osservare che Cournot aveva già sviluppato un concetto simile. Però c’era una parte strettamente matematica, riguardante l’esistenza di questi equilibri, e questa è un’altra storia. Ad esempio, gli equilibri nel senso di von Neumann e Morgenstern non sempre esistono: quindi, il problema non era banale.

Sembra che von Neumann non abbia apprezzato il suo lavoro, all’epoca.

39

Dopo aver sviluppato la mia teoria sono andato a esporgli le mie idee, e lui mi ha subito chiesto se la mia dimostrazione usava il teorema del punto fisso. Mi è sembrata una tremenda intuizione, da parte sua, in accordo con la sua fama di essere una mente brillante. Ma in seguito ho capito come aveva fatto a indovinare: io avevo usato il teorema del punto fìsso di Kakutani, che era stato ispirato dal lavoro di von Neumann negli anni ’30, e quel genere di risultati è difficile da provare in altri modi.

E lo stesso metodo usato anche da Arrow e Debreuper la loro teoria degli equilibri dei mercati.

Credo che loro abbiano invece avuto l’idea di usare il teorema

del punto fìsso di Kakutani da me. Ma non sarei disposto a testimoniarlo in tribunale, o di fronte all'Ufficio Brevetti: meglio non fare discussioni inutili.

Oltre a von Neumann, lei ha anche conosciuto Einstein qui a Princeton.

Quando sono andato da lui un suo assistente, John Kemeny, gli stette sempre vicino e in silenzio, come una guardia del corpo. Probabilmente Einstein incontrava un sacco di matti, e aveva bisogno di un minimo di protezione.

E di cosa era andato a parlargli?

Lo spostamento verso il rosso delle righe spettrali delle galassie lontane di solito si interpreta come un effetto dell'espansione dell'universo. A me era venuta l'idea che si potesse invece interpretare come una perdita di energia gravitazionale della luce,più o meno come una barca che si muove nell'acqua perde energia producendo onde.

E Einstein come la prese?

La cosa non gli piacque troppo, e mi disse: « Giovanotto, credo che le farebbe bene studiare un po' di più ». Non so se la mia fosse una buona idea, ma certamente in seguito anche altri l'hanno avuta e ci hanno scritto su.

Dopo la laurea lei ha lavorato per la Rand Corporation, che era un covo di reazionari.

Sì, per tre estati. Era sponsorizzata dall'Aviazione, e costituiva uno dei modi indiretti attraverso il quale il governo finanziava la ricerca: invece di dare i soldi direttamente agli scienziati, li dava ai militari che poi li davano agli scienziati.

Non è un po' sospetto che la ricerca venga fatta coi finanziamenti militari?

Non è solo sospetto, ma anche paradossale. L'Aviazione però non era così conservatrice, lo era molto di più la Marina. E poi, i militari sono automaticamente conservatori? In Italia, ad esempio?

Non lo sono per definizione?

Il conservativismo è multidimensionale, e si può essere conservatori in un senso senza esserlo in un altro. Ad esempio, l'esercito turco è di destra, ma non rappresenta il fondamentalista islamico.

Tornando al suo lavoro, quando lei si spostò da Princeton al MIT lasciò la teoria dei giochi per la geometria differenziale.

Parlando con un collega rimasi sorpreso del fatto che il problema dell’immersione delle superfici negli spazi euclidei fosse un’area di ignoranza, e pensai che avrebbe dovuto essere possibile risolverlo. Dapprima trovai una scorciatoia, in un caso che non era mai stato studiato: invece di considerare superfici « lisce », con tre o quattro derivate, mi limitai alle superfici con un’unica derivata continua, e risolsi quel problema. Poi riuscii a estendere il risultato a superfici con tre ordini di derivabilità. Si dovrebbe riuscire a farlo anche con due, ma finora non è stato fatto.

I suoi interessi matematici sembrano essere stati molto estesi, e anche un po’ incompatibili, nel senso che l’intuizione logica e quella geometrica sono molto diverse. Come è riuscito a conciliarli?

In fondo io sono un analista. Il problema dell’immersione era sostanzialmente analitico, e in seguito mi sono interessato di equazioni differenziali alle derivate parziali.

Trovando il grande teorema che lei e De Giorgi avete dimostrato indipendentemente.

Sì, lui è stato il mio rivale. A proposito, ecco un bell’esempio di un matematico religioso! Anzi, un esempio estremo di religiosità, quasi da monaco.

E il fatto che De Giorgi avesse ottenuto lo stesso risultato le costò la medaglia Fields.

Non solo a me, anche a lui.

Ma lei sembra esserci stato più vicino, nel 1958. Ci fu addirittura uno spareggio con Thom, no?

Mah, così si dice. Nel 1962 sarebbe stato più ovvio, ma io ero già disturbato mentalmente. Così la diedero a Hòrmander: uno svedese, in un congresso in Svezia...

Vuole dire che la cosa è sospetta?

Be’, sì. Sarebbe lo stesso se ci fosse un congresso in Cina, e la medaglia la vincesse un cinese. Non è successo, è successo che non è successo, ma sarebbe stato sospetto. Invece in Svezia è successo: tra l’altro, con due sole medaglie, invece delle quattro che si danno oggi.

Così lei ha perso la medaglia Fields, ma ha vinto il premio Nobel. Avrebbe preferito il contrario, se avesse potuto scegliere?

La medaglia Fields sarebbe stata molto prima, avrebbe cambiato il corso della mia vita. Se fossi stato sano nel 1962, avrei potuto prenderla: ero ancora nei limiti d'età. Ma il mio lavoro non fu immediatamente riconosciuto: nemmeno le cose più facilmente comprensibili, come il problema dell'immersione. In seguito si cominciarono ad applicare i miei metodi in altri campi, ad esempio la stabilità del sistema solare con il teorema di Kolmogorov, Arnold e Moser. Anche se, come ho già detto,

quasi subito Arrow e Debreu avevano visto come applicare il teorema del punto fìsso di Kakutani nel loro lavoro sugli equilibri dei mercati.

E vero che a quel tempo ha cercato di risolvere l'Ipotesi di Riemann?

Questo lo dice il film. La funzione Zeta è certamente affascinante, ma io non ho mai seriamente attaccato il problema, nemmeno quand'ero malato. La teoria quantistica, quella sì.
Ma probabilmente era un'illusione, una mancanza di buon senso, anche quando non ero legalmente matto.

Siamo tornati alla legalità.

Dovrebbe essere chiaro che la malattia mentale è un concetto legale.

Ad esempio, uno dice che fa miracoli, e invece che matto lo chiamano santo.

Più che dirlo, bisogna riuscire a farlo dire a qualcun altro: non « io faccio miracoli », ma « lui fa miracoli ». Meglio poi se a dirlo è un cardinale o un vescovo, con voce ispirata.

O, per fare un altro esempio, uno come Moniz inventa la lobotomia, e invece di finire in galera prende il premio Nobel per la medicina.

La lobotomia era veramente un'operazione drastica, ma la cosa è sottile. Si può confrontarla con il trattamento farmaceutico, e vedere con che metodo una persona diventa socialmente più controllabile. È difficile, non si sa in anticipo come un paziente reagirà alle medicine e che effetto avranno su di lui. Ma si sa che riducono l'impulso suicida, che è uno dei pericoli maggiori, oltre che una causa di internamento.

Lo scopo quindi è il controllo.

È l’economia, nel senso che sì tratta di minimizzare il costo per la società e per le famiglie dei malati. Una pazzia che non da problemi, che non influenza il comportamento esteriore, è come una religione che non interferisce con il tuo lavoro: in tal

caso a nessuno importa a che setta appartieni. Ma se un malato mentale ha tendenze suicide, questo è sufficiente a determinare l’internamento coatto. Anche se oggi gli avvocati riescono a renderlo più difficile, il che allo stesso tempo fa risparmiare soldi allo stato.

Negli anni ’70 in Italia il movimento antipsichiatrico è riuscito a far chiudere i manicomi.

Tutti?

Sì, tutti.

Saranno però rimasti i reparti psichiatrici degli ospedali normali.

Molti malati mentali sono stati effettivamente dimessi.

Negli Stati Uniti la medicina psichiatrica è diventata un’industria: molta gente viene internata anche se non è veramente pericolosa, e non dovrebbe essere possibile senza il consenso del paziente.

Anche le prigioni sono diventate un’industria: il numero dei carcerati negli Stati Uniti è imbarazzante, quindici volte superiore alla media europea.

Però se si tolgono le persone che appartengono a certe categorie etniche, come i neri o i latini, la percentuale dei carcerati bianchi è probabilmente la stessa che in Europa.

Lei ha sempre cercato di opporsi legalmente ai suoi internamenti.

La prima volta sono riuscito a farmi dimettere. Le altre volte ho tentato, ma senza grandi risultati. Credo che l’effètto sia stato duplice: può aver impedito certi eccessi di cure, ma aver prolungato la durata della detenzione.

Lei ha detto esplicitamente di aver subito torture.

Si possono interpretatare i coma insulinici e gli elettroshock come torture. Ma avvennero appunto in un periodo in cui non avevo un avvocato.

Ha anche detto che guarire da una malattia mentale non da la stessa gioia che guarire da una malattia fisica, perché « la razionalità del pensiero impone un limite al concetto che una persona può avere della sua relazione col cosmo ».

Vede, io mi vedevo come un grande profeta o un messia...

Come Zarathustra?

Ho fatto quell'esempio solo perché non ci sono troppi suoi seguaci in giro. Citare Maometto poteva essere rischioso, nel 1994 c'era il rischio di una fatwa.

Non parliamo di Gesù Cristo, poi.

Bisogna essere cauti, in certe cose. Naturalmente, Gesù Cristo è un tipico esempio di pensiero illusorio: ce ne sono molti nei manicomi.

A volte più d'uno nello stesso posto, come nel famoso caso dei tre Cristi di Ypsilanti.

Non si può allo stesso tempo essere razionali, e credersi un grand'uomo universalmente riconosciuto. Dopo essere stato internato ho quindi fatto una specie di compromesso con me stesso, per cercare di comportarmi normalmente.

Anche i maniaci depressivi, tra i quali molti scienziati, vivono una specie di compromesso tra euforia e depressione.

Il mio caso era diverso, perché non soffrivo di depressioni ma di allucinazioni. Quanto agli scienziati, mi sembrano relativamente sani: sono i logici, che sono matti! Più della maggior parte dei matematici.

Mi sta prendendo in giro?

No, ne ho parlato al Congresso Mondiale di Psichiatria di Madrid nel 1996, e anche Gian-Carlo Rota ha osservato che tra i logici la percentuale di matti è inusuale. Pensi a Post, che veniva curato periodicamente con l'elettroshock. O a Gödel, che si lasciò morire di fame. O a Church, che magari era sano ma si

comportava ben stranamente: parlava sempre da solo ad alta voce, si mangiava tutti i biscotti ai party...

Quando studiavo a UCLA sono andato a una sua lezione, ed e stata

l’unica volta in cui ho visto tutti in un’aula dormire dalla noia, compreso il docente.

Anch’io da studente ho seguito un suo corso, noiosissimo. L’ho anche avuto come membro della mia commissione di laurea.

Lasciamo stare i logici, se no poi mi deprimo io. Parlando più in generale, ci sono aspetti patologici nella matematica?

Certamente c’è una mistica dei numeri, dalla quale a volte mi sono lasciato anch’io trascinare. Un musulmano mi ha mandato un libro in cui si cerca di mostrare che nel Corano c’è una struttura numerica nascosta, basata sul numero primo 19. Poi c’è il codice della Bibbia, che permette di ritrovare riferimenti a cose già accadute, benché mai profezie di cose che devono ancora accadere: non sarebbe male, trovare una vera profezia!

Il Socrate di Platone sentiva delle voci, che gli dicevano di non fare certe cose.

Durante la mia malattia anch’io sentivo delle voci, come quelle che si sentono nei sogni. Agli inizi avevo solo idee allucinatorie,ma dopo due o tre anni sono arrivate queste voci, che reagivano criticamente ai miei pensieri e sono continuate per vari anni. Alla fine ho capito che erano solo una parte della mia mente: un prodotto del subconscio, o un percorso alternativo della coscienza.

E le servivano per la matematica, come per Ramanujan?

Forse in certe società, quali l’antica Grecia o l’India, è possibile coltivare queste voci come un normale pensiero razionale: potrebbe funzionare. Ma nel mio caso non erano piacevoli.

E poi hanno smesso?

Più che altro le ho soppresse io. Ho deciso che non volevo più sentirle o esserne influenzato.

Quindi è guarito perché ha deciso di guarire, con la forza di volontà?

Non so, non è così chiaro come funzioni la forza di volontà: certo non basta per dimagrire. Ma la guarigione dalle malattie mentali non sembra essere provocata dalle medicine, e a un certo punto io ho smesso di prenderle. Voler essere sani, questa è essenzialmente la sanità mentale.

E non ci sono fattori genetici?

Non sono convinto. La malattia mentale può essere una fuga dall'infelicità. E spesso è l'ambiente famigliare che la determina: ad esempio, credo che questa sia una causa della malattia di mio figlio, che è un caso clinico.

La rappresentazione delle voci che è stata fatta nel film l'ha soddisfatta?

Era un modo di rendere visibile e comprensibile queste cose. Sarebbe difficile farlo in maniera scientificamente accurata, perché non si può vedere dentro la mente di qualcuno.

Ma lei, che ha visto dentro alla sua, non potrebbe scriverne?

Quando sarà il momento giusto per farlo, probabilmente avrò l'Alzheimer e non ricorderò più ciò che dovrei raccontare.

5)

PAUL SAMUELSON

Parlare dell'economia moderna significa parlare di Paul Samuelson, l'ultimo « generalista » in grado di scrivere e insegnare su tutti i campi: dal commercio internazionale all'econometria, dalla teoria economica alla demografìa, dalla finanza alla concorrenza, dalla storia delle dottrine economiche alla teoria dei cicli.

Samuelson è nato il 15 maggio 1915, ma dice di essere venuto alla luce il 2 gennaio 1932 all'Università di Chicago, quando « si imbatte per caso nell'economia, fatta per lui perché i geni ereditati da generazioni di antenati commercianti incontrarono il loro destino teleologia) ». E aggiunge di essere diventato uomo il giorno in cui, nell'ottobre 1940, cedette a una chiamata del mit, di cui divenne negli anni una delle istituzioni.

Autore di testi quali Economia (McGraw Hill, 2002) e di articoli quali quelli raccolti in Analisi economica, ottimizzazione, benessere (il Mulino, 1993), che hanno formato gli economisti del mondo intero, consigliere di senatori e presidenti, consulente di ministeri e industrie, giornalista di Newsweek e del Los Angeles Times, vincitore del premio Nobel nel 1970, a quasi novantanni dice di andare per i venticinque, e continua a « scrutare come un falco le tendenze e le mode dell'economia ».

Dopo aver rifiutato un incontro a quattrocchi perché « io trovo inefficiente correggere la trascrizione di risposte orali, e lei non guadagnerebbe niente dalla procedura », mi ha invitato a mandargli una lista di domande scritte. Dopo aver preannunciato

« un po’ di ritardo, sempre spiacevole, ma in questo caso richiesto dalla necessità di trovare abbastanza tempo libero per presentare coerentemente le mie opinioni », mi ha risposto dopo otto mesi, il 12 luglio 2004, nel modo seguente.

Qual è la sua personale relazione con la matematica, che lei sembra conoscere molto bene?

48

Andavo bene a scuola in matematica, ma ai miei tempi nelle superiori non si insegnavano l’analisi e la geometria analitica: gli insegnanti ritenevano, sbagliando, che fossero troppo difficili. Invece, sarebbero state molto più facili dell’algebra astratta, della geometria solida o della trigonometria sferica che ho dovuto sorbirmi.
All’università, poi, di matematica ne ho imparata molta, seguendo corsi a Chicago e Harvard, ma anche studiando per conto mio in biblioteca: perché, ad esempio, in nessuna delle due università mi hanno insegnato la statistica! E ho scoperto sulla mia pelle che la matematica era lo strumento migliore per ottenere in fretta nuovi risultati: ad esempio, ho trovato da solo la regola della moltiplicazione delle matrici, per risolvere un problema di impoverimento e arricchimento in più generazioni.

Che cosa le è poi servito, di ciò che ha studiato?

A me interessava la matematica applicata, non l’eleganza o la generalità gratuite: ancora adesso sono tanto interessato ai modelli di genetica dinamica, o alla termodinamica classica, quanto lo sia all’economia. Ma qualunque genere di matematica pura che ho imparato si è poi rivelato utile: ad esempio, il calcolo delle variazioni continuo a usarlo giornalmente. La mia fortuna maggiore è stata che quando ho cominciato a studiare economia, nel gennaio del 1932, c’erano centinaia di teoremi economici da scoprire: bastava tirare la lenza nel lago per pescare dei pescioni!

Oggi la situazione è diversa?

A parte poche eccezioni, ho conosciuto praticamente tutti i vincitori del premio Nobel in economia dal 1969 al 2003, e posso dire che la maggior parte di loro sa più matematica di quanta ne sapessero i miei grandi insegnanti. Un economista che non conosca bene la matematica, oggi, sarebbe un handicappato nel suo lavoro. Naturalmente, a qualche economista matematico manca il buon senso, ma non si può avere tutto!

49

Come vede i grandi economisti della prima meta del Novecento, von Neumann in particolare?

Premetto di non essere un grande adoratore di eroi: penso bene di Keynes e Schumpeter, ma vedo i demeriti di entrambi; o ammiro l’originalità di Pareto, ma lo prendo cum grano salis. Quanto a von Neumann, riconosco che era versatile e veloce, ma credo che Ramsey e Edgeworth gli fossero superiori come economisti.

Nonostante l’influenza del suo testo con Morgenstern?

Quel testo sottovalutava gratuitamente la « massimizzazione ». E poi, perché non ammettere che l’assiomatizzazione di von Neumann dell’utilità usava degli assiomi che ne oscuravano la comprensione? Anche la sua assiomatizzazione della meccanica quantistica aveva dei problemi, ed era incompatibile con gli importanti sviluppi di Bell relativi all’entanglement quantistico.
Non parliamo poi del fatto che von Neumann credeva di essere vicino a dimostrare il programma di Hilbert, proprio poco prima che Gödel dimostrasse l’impossibilità di farlo!

A proposito di libri, la sua Economia ha venduto quattro milioni di copie ed è stato tradotto in quaranta lingue: forse perché usava poca matematica, nonostante tutto?

Era un libro divulgativo, scritto per catturare l’attenzione degli studenti del mit. Loro di matematica ne conoscevano anche troppa, e tendevano a essere dei solutori di problemi: bisognava evitare il rischio che perdessero di vista i problemi globali. Il mio esempio è poi stato largamente seguito, ma questo non significa che si debba sottovalutare la matematica nei testi intermedi o avanzati.

In che senso?

Una buona parte della terminologia letteraria usata nelle trattazioni dell’economia classica, dal 1700 al 1870, trae vantaggio da una traduzione nel linguaggio, o nei linguaggi, della matematica: un buon esempio è la teoria sul « vantaggio comparati-

vo » nel commercio estero, sviluppata da Ricardo e Mill tra il 1817 e il 1844. Naturalmente, dopo il 1870, con l’economia neoclassica, da Walras a Pareto, l’utilità della matematica è diventata evidente: il calcolo, la teoria delle equazioni, eccetera.

Una volta lei ha paragonato il teorema di impossibilità di Arrow sulle scelte sociali al teorema di incompletezza di Godei in logica, che ha citato poco fa. Qual è la rilevanza pratica di quel risultato per la nozione di democrazia?

Assolutamente fondamentale. Prima di Arrow, tutti pensavano che un sistema di voto democratico perfetto esistesse, e che dovesse solo essere scoperto. Dopo averlo cercato invano, Arrow dimostrò invece che non poteva esistere. Sfortunatamente, i suoi lettori fraintesero il teorema di impossibilità, e credettero che impedisse qualunque normativa etica.

Lo studio della dinamica economica, da lei iniziato, ha poi portato a un gran numero di teoremi di equilibrio. Di nuovo, qual è la loro rilevanza pratica, se c'è, nella giustificazione del libero mercato e della « mano invisibile »?

Neppure Adam Smith ha mai capito cosa fosse questa « mano invisibile», che avrebbe dovuto ottimizzare i mercati. Ma il problema non stava nella dinamica economica, bensì nella confusione che lui aveva in testa su ciò che oggi chiamiamo ottimalità di Pareto, e su quanto lontana essa sia dall'ottimo di Bentham e Bergson.

Nella direzione opposta, lei sembra aver pensato una volta che l'esperimento comunista avrebbe potuto funzionare in teoria.

Poiché sbagliare non mi piace, cerco sempre di muovermi coi piedi di piombo. Questo non ha impedito che facessi qualche errore, anche su questioni importanti. Ma ho cercato di correggerli, poiché mi piace ancor meno perseverare nell'errore. Nel caso specifico, del problema se si possa raggiungere una crescita veloce ed efficiente, in grado di soddisfare i desideri umani, anche in assenza del mercato, avevo dei dubbi: stimolati non solo da Marx, Lenin, Stalin e Mao, ma anche da von Mises

e Hayek. Le migliori stime specialistiche mi portarono allora a a sopravvalutare il pil sovietico reale, ma ora credo che esse si basassero su dati immaginarii la logica era corretta, ma le ipotesi no, e dunque neppure le conclusioni.

Caduto il comunismo, rimane soltanto il capitalismo?

Non c'è motivo di credere che il capitalismo selvaggio sia ottimale, da un punto di vista pragmatico. La cura per una regolamentazione sbagliata non è la deregolamentazione, ma una regolamentazione razionale e fattibile: in medio stat virtus.

A proposito di regolamentazione, si può fare un parallelo tra la pianificazione centrale in economia, e il processore centralizzato (CPU) in informatica?

George Dantzig, che era un brillante non-economista, pensava

che si sarebbe potuta organizzare la società con i migliori computer del futuro. Io credo che il progetto sia un po’ ingenuo: in ogni istante ci vorrebbero migliaia di nuove equazioni per descrivere i legami tra milioni di persone e di merci diverse. I migliori strumenti di calcolo parallelo sono le persone, i mercati e le corporazioni. Provi a immaginare come un computer avrebbe potuto generare la storia darwiniana dell’evoluzione, dalle cellule alle specie...

Magari ci riuscirà l’Intelligenza Artificiale?

Qualunque forma di Intelligenza Artificiale è tanto lontana dal risolvere i problemi mondiali quanto io sono lontano dalla Luna, anche dopo aver saltato un metro in alto. Un programma di computer che batta un grande maestro non è per niente sorprendente,ma un computer che scopra la termodinamica è impensabile, almeno per me: non riuscirebbe nemmeno a immaginare quali siano i problemi più importanti.

Passando a questioni più pratiche, come ricorda la sua esperienza come consigliere economico di Kennedy?

Essere il Rasputin economico del presidente fu appagante. Quando mi reclutò come consigliere economico personale

per la sua campagna presidenziale, sulle prime opposi resistenza. Poi però accettai, pensando che gli Stati Uniti erano troppo importanti, per essere lasciati in mano a gente come Galbraith e Rostow. Incarichi governativi permanenti non ne volli, perché desideravo rimanere in università, ma fui coinvolto nella scelta del team economico degli anni di Camelot: Heller, Tobin, Gordon, Okun e Solow.

Com’erà Kennedy?

Imparava svelto e agiva cauto. E in certe occasioni, lontano da Washington, ho potuto esercitare la mia influenza su di lui per aiutare Heller e Tobin a convertirlo alle necessarie riduzioni delle tasse. La nostra sofisticazione matematica ci aiutava a essere migliori consiglieri dei politici: strano, ma (credo) vero.

Non è altrettanto strano che oggi questi consiglieri spazino da un supporter di Pinochet come Friedman, a un critico del Fondo Monetario Internazionale come Stiglitz?

Friedman siede alla mia destra, e Stiglitz un po’ alla mia sinistra, ma tutti e tre andiamo d’accordo su molte cose. È solo di fronte alle incertezze e alle inesattezze che le nostre diverse ideologie ci tradiscono, fanno fluttuare le nostre diverse

previsioni, e determinano le nostre diverse raccomandazioni politiche.

A proposito di politica economica, come giudica quella dell’amministrazione Bush?

Economicamente, i programmi fiscali di Bush sono un disastro a lungo termine, a fronte della rivoluzione demografica che arriverà nel 2020, e che creerà uno squilibrio tra i molti pensionati della generazione del baby-boom e i pochi lavoratori in attività. Eticamente, favorire in maniera plutocratica noi ricchi a spese delle masse, è un disastro ancora maggiore. A causa dell’egoismo e dell’ignoranza della maggioranza degli elettori statunitensi, il nostro futuro appare gratuitamente grigio.

Più in generale, quali sono le responsabilità politiche ed etiche di un economista?

Personalmente sono sfavorevole alle disuguaglianze, e favorevole a un’azione governativa che attenui quelle che dipendono dai meccanismi di mercato. Non cullando sogni napoleonici, non pretendo che tutti concordino con me, ma devo dire che gli economisti dell’ultima generazione stanno diventando tanto meno altruistici, quanto più ci allontaniamo dalla Grande Depressione, che ci aveva insegnato la dipendenza e l’aiuto reciproco.

Per finire, che bilancio fa della sua vita di studi e ricerche in economia?

Mi è enormemente piaciuto essere un economista del mio tempo e nel mio luogo. Un po’ della mia fortuna è meritata, ma la maggior parte no. Ho goduto di popolarità come giornalista e autore di testi, di alto e basso livello. I molti onori che mi sono capitati mi hanno soddisfatto, e alcuni mi hanno anche arricchito.
Ma, più di tutto, è stato un piacere esplorare nuovi e, spero, realistici rompicapi economici. Per me la fama e la fortuna sono sempre stati secondari, rispetto al divertimento.

6)

MYRON SCHOLES

Secondo Aristotele i contratti a opzione, in cui si acquista oggi il diritto di poter acquistare (call) o vendere {put) domani un certo bene a un certo prezzo, erano già usati nell’antica Grecia.

Non sono però diventati popolari fino in tempi recenti, a causa della difficoltà di determinare il prezzo da pagare nel presente per un’opzione futura.

La situazione è cambiata drasticamente nel 1973, con la pubblicazione da parte di Fischer Black e Myron Scholes della celeberrima formula di Black e Scholes, che ha risolto il problema e viene da allora usata regolarmente in tutti i mercati finanziari.
La formula è poi stata generalizzata in vari modi da Robert Merton, che per questo ha condiviso nel 1997 il premio Nobel per l’economia con Scholes (Black era invece prematuramente morto nel 1995).

Per Scholes e Merton il Nobel fu il coronamento non soltanto del successo intellettuale, ma anche di quello economico: insieme all’agente di borsa John Meriwether essi avevano infatti fondato nel 1994 la ltcm {Long Term Capital Management, Gestione di Capitali a Lungo Termine), « racimolando » con la loro fama miliardi di dollari da investire per conto terzi, e arrivando a produrre profitti astronomici, ma anche a esporsi per più di un trilione di dollari.

Con la crisi economica iniziata nel 1997 in Thailandia e culminata nel 1998 in Russia, la ltcm incominciò però a perdere denaro al ritmo di centinaia di milioni di dollari al giorno e fallì in qualche mese, minacciando di trascinare con sé il mercato finanziario mondiale: fu necessario un intervento governativo della Federai Reserve dell’ordine dei tre miliardi e mezzo di dollari, che costò caro a molti (ad esempio, alla Banca d’Italia, che perse 200 milioni di dollari in fondi pensionistici).

Sull’ascesa e la caduta di Scholes sono stati scritti libri come Anche i Nobel perdono di Nicholas Dunbar (Egea, 2003), e pro-

55

dotti documentali come La scommessa da un trilione di dollari della pbs, o La formula di Mida della BBC. Noi siamo andati a sentire la sua storia il 3 febbraio 2006 nel suo ufficio di Rye Brook, vicino a New York.

Lei ha dichiarato di essere diventato un economista perché e cresciuto fra i cercatori d’oro. E vero?

Sì. Vivevamo a Timmins, nell’Ontano, che era un paese di miniere, e io mi sono interessato alla speculazione perché i miei genitori compravano e vendevano azioni delle compagnie aurifere, i cosiddetti penny stocks. Per me era un mistero perché andassero su e giù, e non capivo come mai cose che si compravano a dieci centesimi, tutto d’un colpo salissero a quindici e facessero guadagnare il 50 per cento, o viceversa.

Lei racconta anche di essere stato, fin da bambino, «agente, giocatore e investitore». Come faceva?

Compravo e vendevo azioni, tramite mio padre: formalmente lo faceva lui, ma mi lasciava prendere le decisioni, e io lo trovavo affascinante.

Anche i computer l'affascinavano, mi sembra.

Quello fu più tardi, quando facevo il dottorato a Chicago. Era il 1963, e naturalmente non c'erano personal computer: solo enormi macchine che dapprima funzionavano a valvole, e poi a transistor. La memoria era minima, e bisognava fare tutto in Assembler: uno dei miei primi lavori fu scrivere un interprete che traducesse i programmi dalle vecchie macchine univac alle nuove IBM.

Cosa la interessava, nell'informatica?

Il fatto che bisognasse lavorare in un sistema chiuso, tenendo conto di molte limitazioni: ho capito che mi piacevano i dettagli delle cose, e ho imparato a essere strutturato e disciplinato. A pensare, cioè, sia in grande {top down, « dall'alto al basso ») sia in piccolo {bottom up, « dal basso all'alto »).

E cosa faceva?

Programmavo per vari gruppi, soprattutto a biologia. E mi divertivo a correggere il loro lavoro anche senza che me lo chiedessero, perché mi sembrava di poter migliorare i loro modelli: qualcuno poi si lamentò che ero più di danno che d'aiuto, perché contaminavo i risultati. Ma il fatto è che quando si fanno programmi, si vede dove sono i problemi.

Ha lavorato anche per gli economisti?

Oh, sì. E questo mi ha fatto pensare molto a come si potesse applicare l'informatica all'economia.

Chi l'ha influenzata di più, alla famosa scuola di Chicago?

Merton Miller, premio Nobel nel 1990, che era una persona veramente meravigliosa. Ma facevo anche lunghe passeggiate con George Stigler, premio Nobel nel 1982, parlando di economia. Da Milton Friedman, premio Nobel nel 1976, più che altro sono andato a lezione.

Era d'accordo con la filosofia della scuola?

All’epoca sì. Ho sempre amato l’idea dell’equilibrio generale, e continuo a usarla ancora oggi.

Ma l’equilibrio non è associato ad Arrow e Debreu, più che alla scuola di Chicago?

Io sono interessato all’equilibrio neoclassico, al quale si arriva dopo che si formano dinamicamente i prezzi attraverso un sistema di arbitraggio, e si fanno evolvere le cose. Nell’approccio di Arrow e Debreu, invece, tutto è staticamente dato fin dagli inizi: tra l’altro, con un numero potenzialmente infinito di variabili che descrivono la situazione. Black, Merton e io siamo riusciti, invece, a far vedere che ne bastano due.

Quindi c’è una connessione, tra il vostro lavoro e il loro.

Certo, e profonda. Ma per me studiare l’equilibrio non significa limitarsi a esaminare istantanee temporali, bensì interessar-

si anche di come le cose cambiano, e del perché si arriva, o non si arriva, a certe situazioni.

Combinare, cioè, teoria e osservazione?

In fondo, è quello che si fa in tutta la scienza: si induce dalle osservazioni e si deduce dalle teorie, in un processo dialettico, come nelle due direzioni dell’informatica di cui parlavamo prima. E quello che mi è piaciuto, della scuola di Chicago, è stato appunto che mi ha insegnato a combinare la creazione di modelli macroscopici con l’attenzione ai dati microscopici: chiedendosi, quando ci sono deviazioni dal modello, perché ci sono e dove sta il problema.

Dove stava il problema, per quanto riguarda le opzioni?

Nel fatto che non si riusciva a calcolarne il valore senza fare assunzioni arbitrarie, perché si tratta di un sistema non lineare. Black e io invece trovammo un’equazione differenziale che si poteva integrare per trovare il valore atteso dell’opzione: un’equazione che in seguito scoprimmo essere come quella per il trasferimento del calore. Ma non riuscimmo subito a risolverla, e la cosa ci richiese molto tempo: questa volta, scoprimmo in seguito che stavamo cercando di replicare, senza saperlo, il lavoro che il matematico giapponese Kiyosi Ito aveva fatto negli anni ’40.

Chi se ne accorse?

Merton, che conosceva la teoria delle equazioni differenziali stocastiche: quando gli mostrammo la nostra equazione, lui capì

subito come riformularla in quel modo. Il risultato è un po’ come la differenza, nella meccanica quantistica, tra gli approcci di Heisenberg e Schròdinger: le idee sono già presenti nell’approccio originario, ma la nuova dimostrazione le chiarifica e le arricchisce.

Perché Ito non condivise con voi il premio Nobel?

Precisamente, non lo so. Ma, credo, per due motivi: anzitutto, perché il suo lavoro fu percepito come « solo » matematico; e

poi, perché Black e io avevamo comunque fatto il nostro senza conoscerlo, usando le classiche serie di Taylor. Naturalmente, la teoria di Ito è molto importante, ma questa è un’altra storia.

E Samuelson che ruolo ebbe, nella vicenda? Lo chiedo perché ha dichiarato, al proposito: « Sono arrivato fin quasi al polo, ma quasi non vale una cicca ».

Alludeva al fatto che lui aveva capito due cose fondamentali: che il valore di un’opzione non era una funzione lineare, e che bisognava in qualche modo eliminare il rischio. Ma lo faceva in maniera puramente teorica e non calcolabile, mentre il nostro è un risultato pratico ed effettivo: a parità di input chiunque può valutare l’opzione, e in un solo modo, mentre nel suo approccio ciascuno aveva il proprio, e i vari modi non erano equivalenti.

E vero che aveste problemi a pubblicare il vostro lavoro?

Sì, per un paio d’anni. Black e io lo facemmo nel 1970, ma sia il Journal of Political Economy che la Review of Economics and Statistics lo rifiutarono, perché era « troppo ristretto e senza applicazioni economiche ». I recensori pensarono che doveva esserci qualcosa di sbagliato, in una formula che risolveva così precisamente un problema tanto complicato: era una cosa troppo nuova, e troppo diversa da tutto ciò che era stato tentato fino ad allora.

Un cambiamento di paradigma?

Sì, ma un cambiamento che agli inizi fu rifiutato! Fummo percepiti come dei giovani turchi, che non avevano niente da perdere e volevano distruggere lo status quo: eravamo come intrusi che cercavano di penetrare nel sistema, e la vecchia guardia si difese dicendo che erano tutte cose senza senso.

Dopo un po’, invece, la vostra formula fu addirittura inserita nei calcolatori tascabili.

E non solo non ci diedero dei diritti, perché la formula era di pubblico dominio, ma la Texas Instruments non ci regalò nep-

pure un calcolatore: mi dissero di comprarmelo, se ne volevo uno.

Perché non l’avevate brevettata, la formula?

All’epoca non si poteva.

Oggi si potrebbe, invece?

Credo di sì, visto che ormai si sono brevettate le cose più strane.

Potevate non pubblicarla, però, e usarla per conto vostro.

Se uno sa che c’è una formula del genere, e lo sa perché l’ha trovata, sa anche che qualcun altro può trovarla: alla fine qualcuno la pubblicherà, e chi non l’ha fatto rimarrà a bocca asciutta.
Puntualmente, dopo il nostro articolo c’è stato chi ha detto che la nostra formula la conosceva già: ma peggio per lui se non l’aveva pubblicata, appunto.

A **proposito di applicazioni, ha voglia di parlare della ltcm?**

La sua richiesta mi fa venire in mente la storia, pubblicata nei giornali locali, di una tale che nel 1944 era stata falsamente accusata di aver assassinato il marito con un’ascia: recentemente ha fatto una festa per alcuni amici, e nonostante fossero passati sessantanni si è ancora parlato di quell’evento. Io avevo deciso che non avrei risposto a domande sul crack della LTCM prima di cinque anni, ma ormai sono passati: dunque, dica pure.

Sarebbe lei, a dover dire!

Allora dico, anzitutto, che il fallimento della LTCM non ha niente a che vedere non solo con la formula di Black e Scholes, ma nemmeno con le opzioni! E se anche fosse, le domando: se qualcuno si schianta guidando una macchina da corsa, una Ferrari ad esempio, questo significa che l’auto non è buona?

Nemmeno se a guidarla è il signor Ferrari?

Nemmeno, perché lui non era appunto un pilota. Comunque sia, non ero io che guidavo la ltcm: erano Meriwether e il suo gruppo.

Lei era solo un consulente?

No, ero direttamente coinvolto. Ma l'organizzazione era strutturata in maniera tale che la gente non stava a sentire, o non voleva stare a sentire, perché intendeva fare le cose a modo suo. E visto che non stavano a sentire, sia io che Merton ci defilammo sempre più: soprattutto quando, dopo il premio Nobel, incominciammo a girare il mondo per fare conferenze dovunque.

Pensa che vi avrebbero dato il premio ugualmente, se il crack fosse successo un anno prima?

Questo non lo so, perché ci sarebbero stati effetti psicologici. Ma il testamento di Nobel parla del valore applicativo delle scoperte o invenzioni da premiare, e la nostra teoria ha stimolato un numero enorme di lavori e di applicazioni, e continua a essere usata in maniera incredibile anche oggi.

Nella sua lezione Nobel lei citò Canto di Natale di Dickens, dicendo che non voleva però suggerire, come Mr Scrooge, che « il passato brilla di speranze e innocenza, il presente è buio e pieno di cattivi presentimenti, e il futuro si presenta tetro». Non è stato proprio così, invece?

Certamente allora non avevo cattivi presentimenti, e comunque vorrei dire chiaramente una cosa: l'episodio della ltcm è stato soltanto un intoppo nella mia carriera, e in seguito ho continuato a fare ricerca e affari con successo. Nella vita ci sono sempre cose che funzionano meglio e altre peggio, o cose che funzionano e altre no.

Non le sembra di sminuire un po' troppo, però, l'enormità di scala di quell'episodio?

Ma non ero io il responsabile. E non ho problemi a dire che molte delle cose fatte da chi prendeva le decisioni erano sbagliate, sia in teoria che in pratica.

Quali sono i suoi interessi oggi?

Voglio capire cosa succede quando occorrono eventi imprevisti e scosse nel mercato. Sembra che, mentre l'orologio fisico continua a cliccare, quello delle decisioni invece si fermi: non si sa come agire o reagire, e ci vuole tempo per ricostruire il modello.

Sembra un problema della globalizzazione, visto che imprevisti e scosse ormai accadono dovunque e sempre più frequentemente.

È nella natura dei processi evolutivi: si crede di capire come

funzionano le cose, ma poi succede qualche cosa di inaspettato.

Non è una questione dì velocità? Se si va piano, i salti sono pochi e smorzati, ma se si corre, diventano sempre più frequenti e violenti: il problema è se si può stare dietro a queste cose.

Io credo di sì. Basta imparare a fare sistemi più flessibili, come nella vita quotidiana: se si è in una zona non sismica, si costruisce normalmente, ma se la zona è sismica, si fanno edifici in grado di assorbire le scosse. Naturalmente, un'« economia antisismica » richiede costi maggiori, e coloro che forniscono liquidità e trasferimento di rischio devono essere pagati di più.

Non si potrebbe evitare il problema mediante una pianificazione centrale, ora che ci sono i mezzi informatici per farla in maniera meno rudimentale che nel socialismo reale?

Mi sembra di sentire Auguste Comte, che credeva che poiché siamo intelligenti e razionali, basta avere un'informazione completa per pianificare l'economia in maniera perfetta. Così si fa un piano, il quale naturalmente fallisce, ma invece di dare la colpa alla pianificazione si pensa che sia stata colpa di quel particolare piano.

Lei, invece, a cosa la darebbe?

Al fatto che, anche se uno avesse un'informazione completa,non saprebbe ancora cosa farsene: in fondo, già nel dizionario c'è tutta l'informazione contenuta in ogni libro, ma questo non basta a scriverli tutti! È come si manipola e si combina l'informazione, quello che importa: l'informazione serve per l'indu-

zione, ma abbiamo già detto che ci vuole anche la deduzione, e le due cose devono funzionare insieme.

Ma non è proprio ciò che fa la pianificazione?

Lo fa troppo in grande, e la cosa è semplicemente troppo complicata da gestire.

Però i computer funzionano usando appunto una pianificazione centrale, e non sistemi distribuiti come quelli del mercato.

Ma è proprio il fallimento dell'Intelligenza Artificiale a dirci che il modello del computer non va bene per tutto. Quando si muove una mano, ad esempio, quanti calcoli sono coinvolti nel processo? Se uno vuole scrivere un programma per quel genere di cose, sta fresco: è l'analogo della pianificazione centrale, ed è appunto semplicemente impossibile.

Cosa bisogna fare, invece?

Sistemi che apprendono. In fondo, la cosa più sorprendente del nostro cervello è proprio la sua capacità di riprogrammarsi, ad esempio dopo aver subito un trauma. Ed è proprio questo che l'economia deve imparare a fare: essere in grado di riprogrammarsi continuamente per fronteggiare gli imprevisti e le scosse.

8)

AMARTYA SEN

Se un dato può servire a smascherare la natura occidentalista del premio Nobel, è il fatto che l'abbiano vinto soltanto cinque indiani. L'ultimo è stato Amartya Sen, che l'ha ottenuto nel 1998 per l'economia: più in particolare, per i suoi lavori matematici sulla teoria delle scelte sociali da un lato, e per i suoi studi etici sulla povertà e le carestie dall'altro.

Dopo aver insegnato per quindici anni a Calcutta e Delhi, Sen ha lasciato l'India nel 1971 per la London School of Economics.

Dal 1987 ha una doppia cattedra a Harvard in economia e filosofia morale, e dal 1998 è anche rettore del Trinity College di Cambridge. Ma non ha mai smesso di interessarsi ai destini del suo paese: ne ha sempre mantenuto la cittadinanza esclusiva, vi ritorna regolarmente almeno due volte all'anno, e ne ha studiato a fondo le problematiche economiche e sociali.

La vastità degli interessi e dell'impegno intellettuale di Amartya Sen, che l'ha fatto paragonare ad Adam Smith e Karl Marx, è testimoniata da opere che vanno da Scelta, benessere, equità (il Mulino, 1986) e Razionalità e libertà (il Mulino, 2005), a Laicismo indiano (Feltrinelli, 1998) e L'altra India (Mondadori, 2005). Ed è confermata da questa intervista, che Sen ci ha concesso il 17 gennaio 2003 a Cambridge.

La sua famiglia ebbe forti legami con Rabindranath Tagore, e lei stesso nacque a Santiniketan. Che ricordi personali ha di lui?

Sono stato veramente privilegiato a conoscere Tagore da bambino, visto che le nostre famiglie erano molto vicine. È stato lui a inventare un nuovo nome per me, quando nacqui: Amartya significa « immortale », anche se temo che non rispecchi la realtà.
Benché io fossi molto giovane (avevo solo otto anni quando lui morì), rimasi estremamente impressionato dal suo calore e dalla sua amabilità, nonostante la sua fantastica fama come

poeta e come leader intellettuale. Quando crebbi, lessi sempre di più i suoi scritti. E fui particolarmente stimolato dal suo insistere sul fatto che possiamo essere orgogliosi della nostra cultura, pur rendendo allo stesso tempo omaggio alle culture di altri paesi, e accettando di buon grado influenze straniere. Sono anche stato molto influenzato dai suoi scritti sull’importanza della libertà nella vita umana, e sul bisogno costante di usare la ragione critica, anche nel valutare la tradizione che abbiamo ereditato.

R**icorda qualche episodio di Tagore a scuola?**

Me ne ricordo bene uno che riguarda la sua confusa relazione con l’Italia durante il fascismo. Dato il suo interesse per la libertà, ci si poteva aspettare che sarebbe stato un antifascista convinto. Ma allo stesso tempo, e per lo stesso motivo, era anche molto critico sull’imperialismo britannico. Per un breve periodo si lasciò dunque suggestionare dalla propaganda fascista, e credette che nel fascismo italiano potessero esserci i germi di un nuovo « anti-imperialismo ». Annebbiato da questa illusione, accettò di essere « esibito » dal regime durante una breve visita ufficiale in Italia, nel 1926. Appena arrivato ebbe subito delle difficoltà, perché voleva incontrare Croce, che ammirava enormemente. Non glielo permisero, con la scusa che Croce non era a Roma, ma lui disse di essere disposto ad andare a trovarlo dovunque fosse. Fu il Duce stesso a dirgli che nessuno sapeva dove Croce fosse. E questo è solo un esempio dei problemi che ebbe in questo viaggio molto « organizzato », che naturalmente Tagore trovò molto fastidioso.

E la sua opinione sul fascismo cambiò?

Sì, scrisse apertamente e pubblicamente contro di esso, e sia il governo sia la stampa di regime risposero per le rime. Ad esempio Il Popolo d’Italia, che credo fosse diretto dal fratello del Duce, scrisse: « L’Italia ride di Tagore, e di coloro che hanno portato questo untuoso e insopportabile signore tra di noi ».

Quale fu la reazione nella vostra scuola?

Discutemmo di questo strano episodio, anche se naturalmente non conoscevamo tutti i retroscena (io li ho poi letti nella bella biografia Rabindranath Tagore, uomo da una miriade di menti di Krishna Dutta e Andrew Robinson). Ma capimmo che Tagore

aveva preso uno strano abbaglio, e ci chiedemmo come fosse stato possibile. Imparammo una lezione: che essere contro chi viola la libertà in qualche modo (in questo caso, l'impero britannico), può rendere sensibili alla propaganda di chi viola la stessa libertà in altri modi, magari anche peggiori. Tagore stesso ha scritto sulla necessità di ragionare a trecentosessanta gradi, senza lasciarsi fuorviare dalle proprie inclinazioni psicologiche, o da una informazione incompleta. E le sue disavventure italiane illustrano bene questa necessità.

Gli insegnamenti di Tagore l'hanno influenzata nel suo lavoro economico?

Non molto, credo. Molto di più nelle mie posizioni sulla politica e la società: ad esempio, nel vedere l'importanza dell'equità, e nell'apprezzare la democrazia e la tolleranza. E, naturalmente, sono stato molto attratto dai suoi scritti sulla cultura globale, in particolare dal suo insistere sull'importanza di essere « aperti » alle influenze esterne, senza però perdere di rispetto verso il proprio background culturale. Questa è una vecchia controversia in India, che si riflette ancor oggi nelle disparate attitudini politiche indiane: mentre da un lato la società indiana è abbastanza aperta, al punto di accettare politici stranieri come l'italiana signora Gandhi, che avrebbe anche potuto diventare primo ministro, dall'altro lato i conservatori culturali e politici cercano di rigettare tutto ciò che viene dall'estero. C'è un dibattito continuo su questi argomenti, non solo in India, e gli argomenti di Tagore a favore di un'apertura rimangono rilevanti anche oggi.

Da giovane studente lei è anche stato molto influenzato dal teorema di impossibilità di Arrow, che si potrebbe metaforicamente enunciare dicendo che «la democrazia non esiste». Come riassu-

merebbe il suo lavoro sulle scelte sociali, che ha cercato di aggirare questo apparente paradosso?

Ho passato una così gran parte della mia vita lavorando in questo campo, che mi rimane difficile « riassumere » ciò che ho fatto. Ma per quanto riguarda in particolare il teorema di Arrow, esso mostra che un certo numero di condizioni apparentemente plausibili, che sembrano essenziali per un governo democratico, non si possono soddisfare simultaneamente: è questo che lei ha riassunto dicendo che « la democrazia non esiste ». Però si può dimostrare che il teorema deriva dal fatto di escludere, direttamente o indirettamente, l'uso di una parte di informazione di cui una democrazia funzionante dovrebbe tener conto: quando la restrizione su queste informazioni viene rimossa, e si considerano procedure democratiche più ampie, e più permissive

dal punto di vista dell’informazione, allora non si hanno più risultati di impossibilità. Il mio lavoro ha appunto cercato di esplorare e stabilire l’esistenza di varie possibilità positive di governo democratico.

Non è stato lei stesso, però, a ottenere un risultato ancora più paradossale di quello di Arrow, che si potrebbe metaforicamente enunciare dicendo che « al massimo una persona può avere dei dìritti »?

Sì, anche se io non lo riformulerei in questo modo. Il mio risultato mostra che non è possibile, in generale, rispettare i diritti di più di una persona, e simultaneamente accettare il principio di unanimità, indipendentemente dalle ragioni che stanno dietro alle preferenze individuali. Il cosiddetto « principio di Pareto », che prende il nome dall’economista italiano Vilfredo Pareto, richiede che se in una comunità tutti preferiscono una certa alternativa, allora la comunità non ne scelga un’altra. Quella che di solito si chiama welfare economy, ritiene che il principio di Pareto sia inviolabile. Ma il mio teorema, che ne mostra il conflitto con i diritti individuali, stabilisce che esso può essere garantito soltanto se siamo disposti a dimenticare le libertà individuali di più di una persona.

E non è un altro colpo basso alla nozione di democrazia?

In realtà, molto dipende dalle precise motivazioni che stanno dietro alle preferenze individuali. Sapevamo già, ad esempio da Stuart Mill, che se si da troppa importanza a come ciascuno vorrebbe che gli altri vivessero, allora si finisce per violare le libertà individuali: questo era uno dei punti che emergevano potentemente dal suo famoso libro Sulla libertà. Ciò che il mio teorema di impossibilità mostra è che, a causa della profonda interconnessione tra le decisioni sociali, anche l’apparentemente innocuo principio di unanimità di Pareto può limitare fortemente i diritti di particolari individui.

E quale lezione ne possiamo trarre?

Che dobbiamo considerare o il principio di Pareto, o i diritti individuali, o entrambi, non come richieste categoriche, ma come preferenze condizionali. La teoria delle scelte sociali deve prestare attenzione non solo alle regole di decisione sociale, per quanto buone o apparentemente « irrinunciabili », ma anche alle precise circostanze, comprese le ragioni che stanno dietro alle preferenze che la gente ha.

Alla luce del suo lavoro sulla teoria delle scelte sociali, quale ruolo pensa che la matematica e la logica debbano giocare

nell’economia? Sia in assoluto che relativamente, ad esempio, alle ideologie politiche e filosofiche.

Alcuni di questi risultati non possono essere stabiliti senza usare la matematica o la logica. Naturalmente, questo non è vero per tutta l’economia o le scienze sociali. Ma quando lo è, cioè quando gli argomenti richiedono un ragionamento formale, ci sono tutte le ragioni per non evitare la matematica o la logica. D’altra parte, senza analisi politiche o filosofiche non potremmo nemmeno sapere quali argomenti studiare, o quale rilevanza abbiano le varie condizioni. Così, c’è bisogno di entrambi gli approcci, per attaccare diversi tipi di problemi.

E i due approcci vanno d’accordo?

68

Non credo che siano in contraddizione, perché a seconda delle circostanze possiamo usare il tipo di ragionamento pertinente. Per usare un’analogia, quando vogliamo mangiare non dobbiamo decidere, in generale, di non prendere mai il primo, o mai il secondo. Possiamo sceglierli entrambi, anche se a seconda del menu o dell’appetito possiamo decidere di non mangiare la pasta, o addirittura di evitare il piatto forte, benché a un italiano la cosa possa magari sembrare assurda... Non c’è nessun bisogno di decidere che dobbiamo evitare gli argomenti politici e filosofici, e neppure quelli matematici, perché tutti possono risultare rilevanti e importanti.

Nel 1943 lei ha visto di persona la carestia del Bengala. In che modo questa esperienza ha influenzato il suo lavoro sulla povertà e le carestie?

Nella primavera del 1943 avevo solo nove anni, e dunque i miei pensieri erano ancora piuttosto primitivi. Ma è un fatto che l’aspetto della carestia del Bengala che mi colpì di più da bambino, è proprio quello che poi influenzò la mia ricerca di trent’anni dopo. La cosa aveva a che fare con la natura classista della mortalità: oltre alla rabbia e allo scandalo dovuti al fatto che milioni di persone morissero di fame e di malattie a essa collegate, rimasi sorpreso dal fatto straordinario che nessuno di coloro che conoscevo personalmente, parenti o amici, aveva seri problemi economici durante la carestia, mentre milioni di persone sconosciute vagavano per il paese in cerca di cibo e morivano.
Non si poteva evitare di notare il carattere classista della carestia in particolare, e della deprivazione economica in generale.

E a quali conclusioni arrivò, nei suoi studi?

Quando in seguito studiai sistematicamente la carestia del Bengala del 1943, così come molte altre carestie in Africa e in Asia, non mi limitai a considerare soltanto la disponibilità di cibo nel paese o nella regione: questo non era sufficiente a spiegare perché qualcuno morisse di fame, e altri continuassero a vivere bene. Invece, mi concentrai sui motivi per i quali un gruppo di

persone potesse di colpo perdere la possibilità di comprare cibo: ad esempio, la disoccupazione, o la perdita di potere d'acquisto dei salari. Benché la disponibilità di cibo sia certamente uno dei fattori che influenzano le carestie, dobbiamo esaminarne anche molti altri. In realtà molte carestie, compresa quella del Bengala del 1943, sono accadute senza una sostanziale diminuzione della disponibilità del cibo, e a volte addirittura anche senza alcuna diminuzione!

Una delle sue idee più influenti è che gli indicatori puramente economici, quali il prodotto interno lordo o il reddito pro capite, non sono una misura sufficiente dello sviluppo di un paese. Di cos'altro bisogna tener conto?

Come dico nel mio libro Lo sviluppo e libertà (Mondadori, 2000), un buon punto di partenza per l'analisi dello sviluppo è il riconoscimento del fatto che la sua caratteristica principale sta nell'ampliare la libertà umana. Lo sviluppo non può essere visto soltanto in termini di crescita di concetti astratti, come quelli che lei ha citato. Naturalmente essi sono utili, ma il loro valore deve dipendere dal loro effetto concreto sulla vita e sulla libertà delle persone.

Ci si può spingere fino a dire che lo sviluppo non è un concetto economico?

Effettivamente, l'opulenza economica e la libertà sostanziale possono divergere, benché siano collegate. È sorprendente che all'interno dei paesi molto ricchi ci siano gruppi di persone che non hanno maggior libertà di vivere abbastanza a lungo, senza malattie o altre cause di mortalità precoce, degli abitanti di certi paesi del cosiddetto « terzo mondo ». Ad esempio, gli afroamericani, cioè i negri degli Stati Uniti, soprattutto quelli delle grandi città, non hanno un'aspettativa di vita più lunga, e anzi ce l'hanno più corta, dei cinesi, degli indiani, dei singalesi, per non parlare dei giamaicani o dei costaricani. Naturalmente, chi ha un reddito alto ha una maggior libertà rispetto alla mortalità prematura, ma questa dipende anche da molti altri aspetti dell'organizzazione sociale, compresa la sanità pubblica, la

scuola e l’educazione, la coesione e l’armonia sociale, e così via.
Dunque, è importante intendersi sui fini dello sviluppo: le libertà politiche devono essere incluse fra le sue condizioni essenziali, perché senza di esse la libertà umana rimarrebbe inadeguata.

A proposito di libertà, e in particolare di quella di parola, come giudica la presente situazione italiana, nella quale il primo ministro controlla le tre reti televisive pubbliche e possiede le tre maggiori reti private, oltre a essere il primo editore italiano?

La concentrazione del controllo sui media può certamente danneggiare la libertà di parola. Anche se questa non viene proibita per decreto, può essere seriamente compromessa quando non trovi un mezzo per esprimersi. Se la competizione è socialmente importante in generale, non è mai tanto cruciale quanto nei media. Il problema non è tanto che qualche grossa notizia possa non venir riportata, cosa piuttosto improbabile in una società democratica, quanto piuttosto che una concentrazione del controllo dei media, soprattutto televisivi, permetta a certe scuole di pensiero o a certi gruppi di interesse di ottenere un’esposizione privilegiata, giorno dopo giorno.

Per la carta stampata, il problema le sembra minore?

Con libri e giornali c’è più eterogeneità, anche in Italia, ed è più difficile escludere la competizione. Io stesso, oltre che con la Mondadori, ho pubblicato con il Mulino, Laterza, Feltrinelli, Bollati Boringhieri, il Saggiatore, Giuffrè, Marsilio e altri. E, naturalmente, ho avuto la più completa libertà di dire cosa volevo in ogni caso, Mondadori compresa. La cosa non sorprende, e in generale è molto difficile comportarsi da monopolisti nell’editoria, in un’economia di mercato. Il problema della concentrazione del controllo delle reti televisive invece è molto diverso, e qui ci sono seri motivi di preoccupazione.

Ho visto che nel suo libro Globalizzazione e libertà (Mondadori, 2002) lei distingue fra internazionalizzazione, supernazionalizzazione e intranazionalizzazione: può spiegare la differenza?

A parte i miei termini, che non sono standard, c’è una gran differenza tra il vedere la società globale come un aggregato di « nazioni », oppure di « persone » sparse per il mondo. Noi non dobbiamo interagire soltanto tramite le nostre identità nazionali.

Ci sono organizzazioni alle quali la gente appartiene non in rappresentanza di specifiche nazioni, ma in base a forti impegni sociali: ad esempio, il nome stesso di Medici senza frontiere esprime bene la sfida alla presunzione restrittiva che noi interagiamo soprattutto come cittadini di paesi distinti.
Per questo motivo, «globalizzazione» veicola un'idea molto più generale di « internazionalizzazione ».

Lei pensa che organizzazioni come la Banca Mondiale o il Fondo Monetario Internazionale siano adeguate per la globalizzazione?

Quelle due organizzazioni fanno parte dell'architettura finanziaria globale messa in piedi in seguito agli accordi di Bretton Woods del 1944. All'epoca la sfida più urgente era di rispondere ai problemi della ricostruzione causati dalla seconda guerra mondiale. A metà degli anni '40, la maggior parte dell'Asia e dell'Africa era ancora sotto un dominio coloniale di qualche tipo (inglese, francese o portoghese), e non si trovava certo in posizione di sfidare le divisioni istituzionali del potere e l'autorità che le potenze alleate imponevano al mondo. La tolleranza dell'insicurezza economica e della povertà era molto maggiore di quella odierna, la concezione dei diritti umani era molto debole, il potere delle organizzazioni non governative non era ancora emerso, e la democrazia non era certamente intesa a livello globale.

E come sono cambiate, oggi, le cose?

Il mondo è molto diverso da com'era allora, e l'architettura finanziaria globale necessita di cambiamenti radicali. In parte questo sta già succedendo all'interno delle vecchie istituzioni.
Ad esempio, l'abolizione della povertà non era una delle preoccupazioni degli accordi di Bretton Woods, ma è diventata l'obiettivo principale della Banca Mondiale, sotto la guida di James Wolfensohn. E sotto la guida di Kofi Annan le Nazioni

Unite hanno incominciato a esercitare più autorità e pianificazione, nonostante la loro precarietà finanziaria e la loro pesantezza istituzionale. Ma nonostante questi cambiamenti, dobbiamo andare molto oltre per essere all'altezza delle sfide del mondo contemporaneo, e in particolare alle richieste dell'etica globale.

C'è bisogno di nuove istituzioni?

Io credo di sì. Ad esempio, per affrontare in modo adeguato i problemi dell'equità globale e dell'ambiente, si devono stabilire nuove organizzazioni specializzate, o espandere i ruoli e i poteri di quelle che già esistono. L'etica contemporanea richiede un

supporto istituzionale molto più. completo e adeguato.

9)

ROBERT SOLOW

Robert Solow è uno dei grandi vecchi dell’economia mondiale, e per cinquant’anni ha fatto parte dei « tre moschettieri economici » del Massachusetts Institute of Technology di Boston, insieme a Paul Samuelson e Franco Modigliani. Il suo nome è legato alla teoria della crescita economica: uno studio matematico dei fattori che permettono la crescita produttiva e l’aumento del welfare, che gli è valso il premio Nobel per l’economia nel 1987, e sul quale ci si può informare leggendo gli articoli raccolti in Crescita, produttività, disoccupazione (il Mulino, 1996).

L’abbiamo intervistato il 6 luglio 2005 a Iseo in occasione di uno dei periodici incontri dell’lSEO, l’Istituto per gli Studi Economici e sull’Occupazione che egli stesso dirige, dopo la morte del fondatore Modigliani.

Perché non cominciamo dalla Grande Depressione, che nei suoi articoli viene spesso citata come la motivazione originale del suo lavoro?

Certo. Tra gli economisti che studiano i cicli economici, la differenza è che quelli della mia generazione ricordano la depressione direttamente, mentre per i più giovani non si tratta di una realtà, ma di un incidente storico del quale hanno soltanto letto o sentito parlare. Io sono nato nel 1924, e avevo nove anni nel 1933, quando la depressione toccò il fondo: ero ben conscio del fatto che la vita dei miei genitori era dominata dal problema della sopravvivenza economica. Ad esempio, ricordo che c’era un loro amico insegnante, con cui giocavano a bridge, che agli inizi commiseravano perché doveva sopravvivere col suo magro stipendio, ma che alla fine arrivarono a invidiare perché aveva un lavoro fisso. E quando andai all’università a 16 anni...

Così giovane?

Ero stato uno studente modello, e avevo saltato un paio d’anni. Ma, come dicevo, quando andai all’università ero conscio, come lo erano i miei compagni, che le cose non andavano bene, e pensavo che ci fosse qualcosa di molto sbagliato in una società che aveva simili problemi. Dunque la cosa giusta da fare mi sembrò essere lo studio delle scienze sociali, e lì mi iscrissi.

Che periodo era?

Il 1940, e nel dicembre 1941 ci fu Pearl Harbor. Ma in Europa la guerra era già cominciata, naturalmente, e quello era un altro esempio dello sfaldamento della società. Così, quando nel 1942 compii 18 anni, decisi che non potevo rimanere a fare lo studente mentre c’era una guerra, e mi arruolai.

E finì in Italia.

Be’, prima andai in Nordafrica. Ma poi mi mandarono in Sicilia e rimasi in Italia per due anni, fino alla fine della guerra.

E vero che è arrivato a Roma prima della liberazione?

Effettivamente, sì. La mia unità era sulla via Appia, in una pessima zona con nessun albero e molte carcasse di animali. Una mezza dozzina di noi chiese al comandante il permesso di andare verso Roma, che ormai era « città aperta », tanto per vedere fino a che punto si poteva arrivare. Sul cammino ci imbattemmo in alcune sacche di resistenza tedesca, ma al tramonto eravamo già in città: fummo bene accolti dalla gente, molta della quale aveva parenti negli Stati Uniti, e ci fermammo a dormire da loro. La mattina presto fummo svegliati da un gran trambusto, e quando ci affacciammo alla finestra vedemmo i nostri carri armati entrare in città!

Cosa faceste, quel giorno?

Ricordo che la sera mangiammo a piazza Colonna, in un ottimo ristorante che ora non esiste più, e quando il cameriere ci portò il menu, noi per la fame ordinammo tutto Il conto era un foglio lungo così, che fotografammo per farlo vedere a casa,

e che pagammo col « denaro di occupazione » dell’esercito statunitense.

A proposito di denaro, quando arrivò l’economia nella sua vita?

Poco dopo. Perché rimasi in Italia fino al luglio del 1945, e poi ricevetti un permesso da passare a casa. Mi imbarcai a Napoli, e durante la traversata arrivò la notizia della bomba atomica: ci fu un applauso entusiasta, perché questo significava che non saremmo dovuti andare in Giappone! Io non ho mai avuto dubbi sul fatto che Truman avesse preso la decisione giusta: molti miei amici pensano che sia stato un errore, altri si sono pentiti di averci lavorato, ma non io! E così mi sposai nell’estate, e in settembre tornai all’università. Ora, poiché mia moglie si era nel frattempo

laureata in economia, le chiesi come le era sembrato il corso di studi e, visto che a lei era piaciuto, decisi di farlo anch’io.

E quindici anni dopo era già consulente per il presidente degli Stati Uniti.

Anche qui c’è lo zampino di mia moglie. Perché una sera del gennaio 1961, quando ormai eravamo andati tutti a dormire, squillò il telefono: dall’altra parte c’erano i tre membri già nominati del Consiglio dei Consulenti Economici di Kennedy, e cioè Walter Heller, Jim Tobin e Kermin Gordon. La mia prima reazione fu: « Che cosa fate ancora alzati a quest’ora? » Mi dissero che mi volevano con loro, e io risposi che ci avrei pensato.
Quando tornai a letto, espressi i miei dubbi a mia moglie: perché mai avrei dovuto lasciare l’insegnamento e la ricerca per andare a Washington? E lei rispose: « Perché per anni hai brontolato sulla politica economica di Eisenhower, ed è ora che tu smetta di parlare e incominci a fare ». C’era poco da ribattere, e il giorno dopo accettai.

Quanto è stato con loro?

Solo un paio d’anni, perché non volevo che la politica diventasse il mio lavoro. Dopo tornai all’università.

Quanti eravate?

Un piccolo gruppo, che scherzosamente definivamo un’azienda di consulenza con un unico cliente. Ma il livello era eccezionale, perché Kennedy si era rivolto agli intellettuali, ed esercitava una grande attrattiva su di loro. Di una dozzina di persone, prendemmo poi il premio Nobel per l’economia in tre: Arrow, Tobin e io.

E cosa facevate per il presidente?

Heller, che era il nostro capo, andava la mattina alla Casa Bianca e apriva le orecchie, per individuare ogni problema che avesse risvolti economici. Poi tornava la sera da noi, quando la gente normale se ne tornava a casa per cena, e ci assegnava i rapporti che dovevamo aver pronti per la mattina dopo, in tempo per la colazione. Intellettualmente fu un periodo molto eccitante e meraviglioso, e io mi feci non solo un sacco di esperienza sul campo, ma anche un’idea eccellente di come si forma la politica economica di un governo.

Ha conosciuto bene Kennedy?

L’ho incontrato spesso, ed era per molti rispetti una persona deliziosa. I rapporti li leggeva per davvero, e poiché Heller non glieli dava anonimi, ma firmati, ogni tanto capitava che il telefono squillasse, in ufficio o a casa, e che lui in persona chiedesse spiegazioni su questo o quel punto. Io sarei morto per un uomo del genere, che voleva imparare e imparava. I miei successori mi dissero che Johnson al massimo leggeva rapporti di mezza pagina: non che non fosse in grado intellettualmente, ma non gli interessava.

Ha incontrato altri presidenti, oltre a Kennedy?

Certo. E Clinton è stato in assoluto il più intelligente, nel senso che io e lei daremmo alla parola, tra quelli che ho conosciuto.
Per non parlare di quelli che non ho conosciuto...

E stato anche suo consigliere?

Lo conoscevo già da prima, in un periodo in cui sembrava molto improbabile che sarebbe stato eletto, e durante la sua prima campagna elettorale ho contribuito a forgiare la sua piattaforma economica.

Una volta lei ha detto che l’economia non è una Scienza, con la maiuscola. Perché?

Perché la sua più grave mancanza è l’impossibilità di fare esperimenti. Le cause di qualunque evento economico sono tante, e spesso troppe: se si fa una teoria su uno di questi eventi, come si può decidere se è corretta o no? Ci si può guardare attorno, e fare osservazioni: se qualcuna non è in accordo con le previsioni, questo prova che la teoria non è corretta, ma se sono tutte in accordo, questo non prova che lo sia.

Non succede la stessa cosa anche in fìsica?

No, perché in economia non si possono fare esperimenti di laboratorio, fissando a volte un fattore, a volte un altro, in modo da decidere quale sia effettivamente rilevante.

La scuola di Chicago non ha forse considerato il Cile di Pinochet come il suo laboratorio?

Purtroppo, ha messo il dito sulla piaga. Milton Friedman effettivamente pensava che quello fosse un laboratorio perfetto per i suoi esperimenti, ma non lo è mai stato veramente: si poteva considerarlo tale solo ignorando molti fattori. Comunque, non nego che a volte si possa trovare ciò che si cerca, soprattutto nella gran massa di dati, economici e non, che oggi sono disponibili.

Può dipendere anche dal tipo di sistema politico?

Certo. Quello è uno dei fattori che a volte si vorrebbe poter fissare, e in certi sistemi lo si può effettivamente considerare fisso.
Ma, in generale, non è possibile trovare situazioni che riescano a discriminare in maniera netta tra teorie rivali: a dire, cioè, che un certo fattore si comporterà così o cosà, a seconda che sia corretta una teoria o l'altra. Per questo le vecchie teorie non

muoiono mai completamente: un economista intelligente può sempre raccontare una storia che tiri l'acqua al suo mulino, inventandosi qualche spiegazione ad hoc.

Sono un po' sorpreso di sentirla parlare di « teorie », però. Credevo che lei distinguesse gli economisti fra «costruttori di teorie» e «solutori di problemi », e che si schierasse dalla parte di questi ultimi.

Oh, credo nella distinzione, ma spesso risolvere i problemi richiede la costruzione di una teoria! E io stesso ho lavorato per tutta la mia vita a costruirne: in fondo, la motivazione del mio premio Nobel dice « per i suoi contributi alla teoria della crescita economica ». Ma c'è una cosa che veramente non mi piace, ed è quella che i fisici chiamano la « teoria del tutto »: ora, in fisica non so, ma in economia non credo ci sia. La vita economica dipende da troppi eventi, che variano dal politico allo psicologico: una teoria del tutto rischia soltanto di essere una teoria del nulla.

10) MICHAEL SPENCE

II premio Nobel per l'economia del 2001 è andato a George Akerlof, Michael Spence e Joseph Stiglitz per lo studio dell'asimmetria dell'informazione economica: il primo passo, cioè, verso un superamento dell'irrealistica teoria classica, nella quale si suppone che nel mercato tutti sappiano tutto, e che l'unico problema sia soltanto trovare il miglior modo di usare questa informazione completa.

Nel 1971 Akerlof descrisse, nell'ormai classico articolo Un mercato di bidoni, un tipico esempio di asimmetria: quello tra venditori e compratori di auto usate. Poiché i possessori di auto in buono stato non hanno interesse a venderle al prezzo medio al quale tende il mercato in queste condizioni, le migliori auto non vengono messe in vendita. Così la qualità e il prezzo

medio si abbassano, facendo uscire dal mercato anche le auto un po’ meno buone delle precedenti, in una spirale di « selezione avversa » che porta alla fine ad avere in vendita soltanto dei bidoni.

Nel 1972 Spence studiò, nella sua altrettanto classica tesi di dottorato La segnalazione nel mercato, uno dei meccanismi mediante il quale il mercato cerca di salvarsi dal collasso. Cioè, quelle assicurazioni o garanzie che il venditore può dare, a suo rischio e pericolo, per convincere il compratore che si può rispondere affermativamente alla domanda: « Comprereste un’auto usata da quest’uomo? ».

Lo abbiamo intervistato il 28 giugno 2004 a Iseo in occasione di uno degli incontri dell’iSEO, l’Istituto per gli Studi Economici e sull’Occupazione.

Sorprendentemente per un economista, lei è laureato in filosofia. Come mai?

Ero finito a Princeton dal Canada perché giocavo bene a hockey

sul ghiaccio, pensi un po’. Ho cominciato a studiare matematica, ma al secondo corso facevano già equazioni differenziali, e mi hanno lasciato indietro. Così sono passato a filosofia, benché abbia continuato a studiare anche matematica ed economia.

La tesi su cosa l’ha fatta?

Sul possibile conflitto tra libertà e determinismo. Non era certo un argomento nuovo, ma è stato divertente.

E che filosofi ha conosciuto, a Princeton?

Oh, un bel gruppo di gente! Bob Nozick, ad esempio, che è morto da poco. E Saul Kripke, che c’era ma si vedeva poco: si sapeva che sarebbe stato molto utile, se solo uno avesse saputo come trovarlo. E Stuart Hampshire, che attraeva molti studenti, tra cui me. E molti altri.

Studiare filosofia è stato utile, per i suoi studi economici successivi?

Credo di sì, anche se sarebbe difficile specificarne il modo. È stato un buon allenamento dover fare un passo indietro e lavorare in un campo in cui l’unico problema era farsi domande correttamente, e cercare di dare risposte in maniera ragionevolmente logica, senza essere oppresso da problemi immediati. Naturalmente, stiamo parlando di filosofia analitica, rigorosa.

Ha poi continuato a interessarsi di filosofia?

L’interesse è rimasto, ma non mi sono più aggiornato.

E cosa ha fatto dopo?

In teoria non avrei potuto prendere una delle borse di studio Rhodes né negli Stati Uniti né in Canada: in un caso, perché ero canadese, e nell’altro, perché non avevo studiato in Canada. Ma hanno cambiato le regole apposta per me, e così ne ho vinta una per andare a fare un master al Magdalene College di Oxford.

Quello col parco dei daini!

Ma anche coi bagni in fondo al corridoio! E una camera pro-

prio sopra l’entrata principale, con la porta che sbatteva in continuazione!

Si è di nuovo iscritto a filosofia?

Sì, filosofia politica ed economica. Ma ho capito presto che avrei avuto bisogno di più basi tecniche, e sono passato a studiare matematica con Ian McDonald.

E cosa le interessava di più?

L’algebra astratta e la geometria algebrica.

Le ha mai potute applicare?

Non direi. In economia si usa di più il calcolo delle variazioni, per la teoria dei controlli ottimali. O i teoremi del punto fìsso, di Brouwer o Kakutani, nella teoria degli equilibri. E naturalmente l’analisi, la probabilità e la statistica sono di uso quotidiano.

E nella sua ricerca, in particolare?

All’epoca la teoria delle equazioni alle derivate parziali mi faceva impazzire, ma poi è stata la cosa che mi è servita di più. Perché quando ho definito l’equilibrio della segnalazione, ho trovato un’equazione differenziale del prim’ordine di un tipo inusuale in economia: ma avendo studiato la teoria, ho potuto risolverla senza problemi.

Quando fu, questo?

Nel 1972, a Harvard, per il mio dottorato in economia. C’ero

andato soprattutto per studiare con Arrow, un uomo incredibile, che avrebbe potuto prendere due o tre premi Nobel, non solo uno: per la teoria degli equilibri, per la teoria delle scelte sociali, per la teoria della finanza e del rischio...

Sa che è stato assistente di Tarski, e che ha corretto le bozze del suo libro di logica?

Veramente? Non lo sapevo. Certo non era la persona più organizzata del mondo: quando ho dato l'esame con lui, l'ha addi-

rittura perso! Per fortuna avevo tenuto la brutta, e gliel'ho riportato: ero terrorizzato, mi sono seduto di fronte alla sua scrivania, e lui l'ha sfogliato in cinque minuti. Io mi stavo scocciando: ma come, il mio esame più importante, e lui lo guarda appena? Ma poi ha cominciato a farmi domande su ciò che avevo scritto a pagina sette, e ho capito che l'aveva veramente letto, a velocità supersonica! Incredibile.

E ha fatto la tesi con lui?

No. A dire il vero cominciavo a essere stufo di studiare: avevo ventisei anni, ed ero stato a scuola tutta la mia vita! Così sono andato da Richard Zeckhauser a dirgli che ne avevo abbastanza, che ero stufo di parlare a me stesso e di fissare le pareti della biblioteca. Volevo andare a lavorare per la McKinsey, ma lui mi ha dato un corso da insegnare e un seminario da organizzare, ed è stato lì che ho cominciato a pensare alla struttura informativa dei mercati.

Fu allora che lesse il lavoro di Akerlof?

Sì, e mi colpì molto. Scrissi un primo lavoro sulla selezione avversa e l'azzardo morale con Zeckhauser, e cominciai a pensare a ciò che poi sarebbe diventata la teoria della segnalazione. L'idea fondamentale era semplice. Ad esempio, se due persone vogliono incontrarsi a New York, ma non possono comunicare direttamente, cosa dovrebbero fare? La risposta ovvia è: andare nel punto focale, all'Empire State Building.

Io andrei a Times Square.

Naturalmente c'è un problema, perché i punti focali possono essere più d'uno. Ma la cosa essenziale è che si tratta di un puro gioco di coordinazione, in cui tutti vogliono ottenere lo stesso risultato: bisogna solo scegliere il punto d'equilibrio più logico.
Ma nel mercato non si può sempre ridurre un problema di comunicazione a un gioco di coordinazione: ad esempio, il

venditore di una mercé di alta qualità vuole distinguersi dal venditore di una mercé di bassa qualità, ma non viceversa. Il problema è: cosa può fare il primo, che il secondo non voglia o non

possa semplicemente imitare? E la risposta ovvia è: qualunque cosa che sia tanto più cara, quanto più alta è la qualità.

Dunque, non solo parole.

Parlare non costa niente, appunto, e chiunque può farlo.

A proposito dei mercati di bidoni di Akerlof, sipuò considerare anche la politica come un esempio, in cui i venditori sono i candidati e i compratori gli elettori? Questo spiegherebbe la costante diminuzione della qualità dei primi e dell’interesse dei secondi.

Ha ragione, sembra veramente un problema di pura selezione avversa. D’altronde, fare politica ha dei lati spiacevoli, che la gente responsabile e idealista non ha voglia di sobbarcarsi: così i migliori se ne vanno, o non si presentano, e la qualità media si abbassa. Però non so che cosa potrebbe funzionare come segnalazione, in quel caso.

Forse fare come Coriolano, e non voler essere eletti?

Naturalmente, il problema è farlo credere agli elettori. Bisognerebbe essere sicuri che quelli che veramente vogliono il potere, non direbbero mai di non volerlo. E poi, il rischio è che la gente risponda: be’, se non vuoi essere eletto, passo al prossimo candidato. Comunque, non è necessario fare il politico per partecipare alla vita pubblica: si può essere avvocati, economisti, amministratori, consiglieri, e via dicendo.

E per quanto riguarda la pubblicità? Non mi sembra che la si possa considerare una segnalazione, perché il suo scopo non è quello di informare, ma di convincere.

Una buona parte della pubblicità consiste nell’attaccare a un prodotto un’immagine, che ne diventa parte: la pubblicità cambia la natura del prodotto pubblicizzato, nella mente del consumatore. Non lo si capisce, se si continua a pensare che il prodotto sia indipendente dall’immagine che se ne ha. Invece sono una cosa sola, due facce di una stessa medaglia.

Come situerebbe l’asimmetria del mercato nell’ambito di una vi-

sione generale del problema dell'asimmetria, che pervade i campi più disparati: fisica, chimica, biologia, persino l'arte?

Mentre l'asimmetria in natura ha buone ragioni evolutive di esistere, ed è dunque positiva, mi sembra che in economia sia invece in genere dannosa, benché molto diffusa: ad esempio, può produrre il collasso del mercato, la selezione avversa e l'azzardo morale.

Ma anche una completa simmetria, come nell'esempio dell'asino di Buridano, può essere dannosa.

Sì, una piccola asimmetria a volte crea un margine di possibilità sul quale si può giocare con profitto. Ma una grande asimmetria dev'essere rimediata, per evitare i danni di cui abbiamo parlato. E infatti i mercati cercano di farlo: ad esempio, mediante la segnalazione, o la creazione di soggetti specializzati nell'intermediazione dell'informazione.

Come i critici letterari, o i divulgatori scientifici?

Esattamente. Ma non sempre i problemi vengono risolti dal mercato, e questo è uno dei motivi per cui esistono, ad esempio, elaborate leggi di trasparenza nella finanza, che cercano di evitare che essa diventi un feudo privato di poche famiglie. Sono tutti modi per far maturare un mercato immaturo.

E anche per far maturare una teoria economica ingenua, basata su assunzioni irrealistiche o semplicistiche quali l'informazione perfetta di tutti gli agenti economici.

La stessa cosa avviene in fisica: prima si studia il movimento ideale in assenza di attrito, e poi si aggiungono le complicazioni del mondo reale. Ma è molto difficile, ad esempio, modellare la rete informativa che oggi avvolge i mercati grazie a Internet: capire, cioè, come perturbare i modelli dei singoli mercati locali, in modo da tener conto dell'effetto dell'informazione globale della rete.

A proposito di computer e reti, è vero che lei ha avuto Bill Gates Come studente?

Sì. E anche Steve Ballmer, che è l'amministratore delegato di Microsoft. Dovevo insegnare un corso di dottorato in microeconomia a Harvard, e si presentarono questi due studenti di laurea a chiedere se potevano seguirlo. Entrambi studiavano matematica applicata, ed erano ottimi amici già allora. Non credo siano venuti troppo spesso a lezione, ma hanno preso 30 ugualmente. Entrambi se ne sono ricordati nelle loro memorie: per gentilezza, immagino.

Quindi i suoi insegnamenti a qualcosa servono: un bell’esempio di segnalazione, mi sembra... Li ha rivisti in seguito?

Sì, due o tre volte. Gates trovò di meglio da fare e lasciò Harvard senza laurearsi, anche se qualche laurea ad honorem glielʼavranno poi data comunque! Ballmer invece finì e si iscrisse al dottorato in economia a Stanford, ma dopo un anno Gates lo chiamò a lavorare con sé.

Tornando a Internet, lei ha cominciato ad analizzarlo nei suoi corsi di economia.

Ho insegnato corsi di commercio elettronico agli inizi di Internet, per cercare di capire quali forze economiche e opportunità commerciali potesse offrire. Era il 1999 o il 2000, quando molti credevano che e-Bay sarebbe stata un fuoco di paglia. Ma si sbagliavano, e oggi è diventata una forza importante nella creazione di mercati a livello globale.

Come giudica la bolla dell’alta tecnologia e il suo scoppio?

Storicamente, quel genere di bolle tende a crearsi naturalmente, a causa dell’eccitazione prodotta da sviluppi tecnologici o scientifici particolarmente significativi. Nel caso specifico, c’erano aspettative che non era possibile confrontare con nessun genere di esperienza, ma che si potevano giustificare pensando che se ci fossero stati problemi, la gente se ne sarebbe subito accorta. Invece non è successo: siamo troppo conservatori nel comportamento, e ancor più nell’apprendimento.

Dunque c’è stata una sopravvalutazione dell’alta tecnologia?

Dei suoi effetti alla breve. Tutti pensavano che le applicazioni sociali, economiche e politiche sarebbero state istantanee, e invece ci vorranno venticinque o trent’anni per attualizzare le potenzialità gigantesche dell’alta tecnologia nei servizi sociali, l’educazione, l’automazione della distribuzione, la creazione di nuovi mercati, l’espansione di quelli vecchi, l’apertura del commercio internazionale... E bisognerà attendere la creazione di un enorme sistema di infrastrutture.

Che tipo di strumenti matematici serviranno?

C’è un dibattito in corso sull’adeguatezza dell’attuale teoria economica per la descrizione di ciò che sta accadendo. Io credo che non sia adeguata, e che si debbano modificare i vecchi strumenti.

Ad esempio?

Finora abbiamo usato gli eleganti modelli di crescita economica basati sulle funzioni di produzione, per i quali Bob Solow ha vinto il suo premio Nobel. Ma non sappiamo come modificarli per tener conto del fatto che le nuove tecnologie hanno drasticamente ridotto i costi di transazione, senza incidere sulle funzioni di produzione: cioè, l’output rimane lo stesso, a parità di input, ma cambia l’efficienza dello scambio.

In che senso i costi di transazione si sono ridotti?

Nel Medioevo la gente si alzava la mattina, camminava cinque chilometri per andare al mercato in città, vendeva e comprava, e tornava di nuovo a casa a piedi. Con Internet si va e si viene dai mercati in cinque secondi, e dobbiamo comprendere le conseguenze economiche di questo fatto sui prezzi, la crescita, l’efficienza...

Sta correndo dietro a un secondo premio Nobel?

Nooo! Ma sono problemi interessanti ai quali pensare. Per questo un annetto fa, quando mi sono accorto che stavo facendo troppe cose, ho deciso di dimettermi da tutti i consigli di amministrazione di aziende pubbliche.

Tornerà in università?

Non credo, anche perché sono abbastanza fortunato da non averne bisogno economicamente.

E diventato ricco?

Diciamo che negli ultimi cinque o dieci anni le aziende per le quali lavoravo sono andate bene, a partire dalla Nike. Così ora ho deciso di tornare a studiare le cose che mi interessano.

E qual è il suo sogno?

Professionalmente, contribuire il più possibile alla comprensione teoretica dell’economia globale, e di come essa abbia cambiato la struttura informativa del mercato.

E non professionalmente?

Vivere.

11)

JOSEPH STIGLITZ

Tra economisti e no-global di solito non corre buon sangue, per ottime ragioni. Ma c’è almeno un’eccezione: Joseph Stiglitz, i cui due libri La globalizzazione e i suoi oppositori (Einaudi, 2002) e / ruggenti anni Novanta (Einaudi, 2004) sono diventati i testi di riferimento per una critica informata al modello di sviluppo che l’Occidente in generale, e gli Stati Uniti in particolare, stanno imponendo al resto del mondo.

Gli argomenti di Stiglitz sono particolarmente stimolanti perché provengono non da un ingenuo outsider, ma da un rispettato insider che ha percorso tutte le tappe di una brillantissima carriera: professore alla Columbia University, capo dei consiglieri economici del presidente Clinton, vice presidente della Banca Mondiale, e premio Nobel per l’economia nel 2001 insieme a George Akerlof e Michael Spence.

Lo abbiamo intervistato il 9 e 10 settembre 2004 a Mantova, in occasione del Festival della Letteratura.

Lei ha passato lunghi periodi in Kenia, tra il 1969 e il 1971: che cosa ci faceva?

Ero stato invitato dalla Fondazione Rockfeller, nell’ambito di un programma per migliorare e rafforzare le università. E facevo ricerca sui problemi dei paesi in via di sviluppo, e sulle politiche concrete da adottarvi: alcuni dei miei lavori teoretici importanti sono nati proprio da precise domande formulate dal governo keniota.

Ad esempio?

Il lavoro per cui ho avuto il premio Nobel, sulla teoria dello screening, è nato per spiegare che cosa poteva fare l’educazione in Kenia, e perché bisognasse investirci. La risposta della teoria economica tradizionale si basava sul modello del capitale urna-

no: sull’idea, cioè, che l’educazione addestri la gente e ne aumenti la produttività. La mia risposta fu invece che l’educazione serve a dare a coloro che sono più dotati un modo per segnalarlo al mercato del lavoro.

Il suo lavoro teorico è stato motivato da problematiche pratiche fin dagli inizi?

No. Da studente ho cominciato studiando molta matematica e fisica, e soltanto verso la fine del dottorato ho deciso che ero

interessato ad applicare le analisi quantitative ai problemi sociali, che erano ciò che veramente mi motivava. Il che non significa che non abbia poi usato strumenti sofisticati, come i teoremi del punto fisso o il calcolo delle variazioni, per ottenere i miei risultati.

Che ruolo ha la matematica nell'economia?

Se ne è sempre discusso, anche perché a volte c'è il sospetto che ci sia un investimento eccessivo nei dettagli matematici fini a se stessi, a scapito delle problematiche di natura economica.

Per esempio?

Prendiamo un libro importante come la Teoria del valore di Gerard Debreu, che dimostra l'esistenza degli equilibri di mercato sotto certe ipotesi esplicite. Nella teoria si usa però anche un'assunzione nascosta, che costituisce uno dei problemi critici di quel tipo di analisi: il fatto, cioè, che ci si trovi in condizioni di informazione perfetta. Molti hanno cercato di generalizzare la teoria di Debreu dal punto di vista matematico, senza affrontare le sue carenze economiche: un tipico esempio di cattiva distribuzione delle risorse, a favore della matematica e a sfavore dell'economia.

Forse perché la teoria sembrava giustificare la mano invisibile di Adam Smith?

Sì e no, allo stesso tempo. Sì, perché Debreu dimostrava effettivamente l'esistenza di una mano invisibile. No, perché la dimostrava soltanto sotto certe condizioni, sottolineando così le

limitazioni del modello. Nella sua analisi, infatti, ci sono alcuni casi importanti in cui i mercati non funzionano, nel senso che non sono efficienti e richiedono interventi statali: ad esempio, quando si devono affrontare i problemi dell'inquinamento, o si è in condizioni di monopolio.

Lei come ha affrontato il problema degli equilibri, invece?

Insieme a Bruce Greenwald, nel 1986 ho ribaltato l'approccio di Debreu: invece di mostrare che se certe condizioni irrealistiche sono soddisfatte, allora il mercato è efficiente, abbiamo provato che se certe condizioni realistiche sono soddisfatte, allora il mercato non è efficiente.

Per « condizioni », intende ipotesi sull'informazione?

Sì. Se si suppone che l'informazione sia perfetta, allora il mercato è quasi sempre efficiente. Se invece si suppone che

l’informazione sia imperfetta, come in realtà è, allora non lo è praticamente mai.

E questa è la fine della storia?

No, è solo un primo importante passo. In seguito la modellizzazione economica si è liberalizzata, e oggi si guarda alle deviazioni sistematiche non solo delle ipotesi della teoria standard riguardanti l’informazione, ma anche di quelle riguardanti la razionalità.

Che è anch’essa imperfetta?

Precisamente, perché la gente si comporta in maniera irrazionale. Ma se l’irrazionalità fosse casuale, non si potrebbero fare previsioni. E invece è sistematica e consistente, in maniera tale da permettere la costruzione di un’intera teoria, che è stata sviluppata da Kahneman e Tversky e va sotto il nome di incorniciamento (framing).

Il loro esempio più famoso è quello in cui si chiede a qualcuno di dire un numero a caso, e poi gli si fa una domanda quantitativa, tipo quante navi sono passate nel canale di Panama lo scorso anno, per la quale lui non ha alcuna informazione.

Quello che si osserva è una correlazione sistematica tra il primo numero e il secondo, almeno per quanto riguarda l’ordine di grandezza: si pensa in grande, o in piccolo, in entrambi i casi.

È più psicologia che economia, però.

Lo è, ma nel comportamento economico si verificano manifestazioni analoghe di potere del condizionamento psicologico sulle scelte, perché noi tendiamo a scegliere in base a ciò che percepiamo essere la norma. Il punto è che l’incorniciamento, ad esempio il modo di formulare le domande, stabilisce appunto una norma inconscia, e determina il modo in cui vengono date le risposte: così, si finisce per confondere le motivazioni psicologiche con quelle economiche.

Lei ha usato l’incorniciamento nel suo lavoro col governo?

Lo fanno tutti i consiglieri, consciamente o inconsciamente. Ad esempio, si presentano al presidente varie opzioni, formulate in maniera tale da incoraggiarlo a sceglierne una in particolare.
Uno dei modi è di incorniciare l’opzione preferita tra due estreme, in modo che essa appaia la più equilibrata: una specie di «media aurea». Si può esercitare molto potere, presentando le cose in un modo invece che in un altro.

A proposito, come è entrato nell’amministrazione Clinton?

Nella campagna elettorale del 1992 c’era un’euforica possibilità di vittoria democratica, dopo dodici anni di un’amministrazione repubblicana che aveva rappresentato una forte discontinuità nella politica americana, per la sua totale mancanza di sensibilità sociale e il suo militarismo. Benché non fossi impegnato in politica, io presi posizione contro i pericoli dell’economia di Bush, e dopo le elezioni Clinton mi chiese di andare a lavorare per lui.

Com’era, personalmente?

Benché fosse un avvocato, era molto informato sulle questioni di politica economica: in parte perché aveva avuto il vantaggio di essere stato governatore di un piccolo stato, il che l’aveva co-

stretto a interessarsi di tutto, a differenza dei governatori degli stati più grandi.

Lei cosa faceva per lui?

Ero il capo dei suoi consiglieri economici: ogni settimana gli dovevo preparare un memorandum di una quindicina di pagine, che combinava un’analisi della situazione economica del momento e una previsione dei problemi futuri. E il lavoro era sfibrante: di solito tenevo la mia prima riunione alle sette e un quarto del mattino, e dovevo arrivarci avendo già letto i principali giornali.

Era anche un lavoro redditizio, immagino.

Tutt’altro! Il mio reddito scese del 70 per cento: da un lato, lo stipendio era inferiore a quello universitario, e dall’altro lato, non si potevano fare consulenze. Ma quando il presidente ti chiede di lavorare per lui, è molto difficile dire di no.

A proposito di dire di no, lei sembra essere stato spesso in conflitto col ministero del Tesoro.

Non c’era niente di personale: si tratta di un conflitto di lunga data. Il Tesoro riflette gli interessi dei mercati finanziari: tradizionalmente, i ministri provengono dalle grandi industrie e tendono a pensare che ciò che va bene per Wall Street, va bene per il paese. I consiglieri invece in genere arrivano dall’università: sono quasi sempre professori indipendenti, che non vedono in Wall Street l’unico centro di interesse economico del paese. Il risultato è che il ministero tende a essere

conservatore, mentre i consiglieri sono più liberali, soprattutto con amministrazioni democratiche.

Come mai lei sedeva anche nel Consiglio per la Sicurezza Nazionale?

Perché le questioni economiche acquistano a volte una rilevanza internazionale, e gli strumenti economici possono servire per l’implementazione della politica estera: gli embarghi, ad esempio.

93

Se l’economia è uno degli aspetti della politica, come possono gli Stati Uniti pensare che ciò che va bene economicamente per loro, debba andar bene anche per gli altri?

Perché una politica illuminata sa che perseguire soltanto il proprio interesse non è nel proprio interesse. O, in altre parole, che l’interesse a lungo termine è a volte in conflitto con quello a breve termine. La mia maggior critica alla politica economica dell’amministrazione Clinton riguardava appunto la sua miopia, che la portava a dare troppa importanza al breve periodo.

Lei crede che alla lunga l’interesse degli Stati Uniti possa coincidere con quello del resto del mondo?

Quando un paese, per quanto grande e potente sia, comprende di non poter possedere l’intero mondo, allora capisce di dover perseguire la cooperazione e il contenimento. Per aver successo alla lunga bisogna persuadere gli altri che il proprio interesse è anche quello generale.

Come può essere di interesse generale il mercato, al quale lei stesso ha attribuito caratteristiche quali il «fondamentalismo » e lo « spirito animale »?

In alcuni paesi, ad esempio quelli del Nord Europa, l’economia di mercato è temperata in modo che i benefici vadano a tutti.

Ma la cosa può funzionare anche a livello globale? In altre parole, può esistere una globalizzazione dal volto umano?

La globalizzazione richiede la democrazia, e la democrazia alla lunga deve avere un volto umano, anche se alla breve si può cercare di ingannare la gente, come fa Bush. Ma non c’è ancora nessuna democrazia, a livello internazionale, e la sua instaurazione deve appunto essere il primo obiettivo della globalizzazione.

Non è un obiettivo incompatibile con l’esistenza di un’unica superpotenza?

Ma si tratta di una superpotenza che non riesce nemmeno a

94

vincere guerre con un paese povero come il Vietnam, o con uno di venti milioni di abitanti come l'Iraq! Abbiamo un potenziale distruttivo illimitato, ma un potenziale costruttivo molto ristretto: possiamo solo bombardare e distruggere le città, non vincere le guerre.

Benché critico, quindi, lei non è comunque un oppositore del mercato.

Oh, no! Io credo fermamente che i mercati abbiano un grandissimo potere, e che abbiano migliorato il benessere enormemente.
Basta paragonare le condizioni di vita dei lavoratori di centocinquant'anni fa, e di quelli di oggi.

Magari anche il comunismo avrebbe ottenuto gli stessi risultati, se gli fosse stato concesso lo stesso tempo che ha avuto a disposizione il capitalismo.

Non credo, perché ci sono forti teoremi che provano che un sistema non può funzionare, quando l'informazione è centralizzata come nella versionedel comunismo che è stata implementata nei paesi dell'Est. È difficile sintetizzare, ma si può dire che mentre il capitalismo esagera i benefici della decentralizzazione, il comunismo esagera quelli della centralizzazione.

E si può trovare un equilibrio fra i due estremi?

Sì, e io credo che è in quella direzione che il mondo andrà: verso un'uguaglianza non solo degli introiti, come nelle socialdemocrazie nordeuropee, ma anche delle opportunità.

Come?

Anzitutto, attraverso l'educazione. Perché chi non ne ha a sufficienza, non è veramente libero di realizzare le proprie potenzialità. È una libertà teorica, senza la possibilità di esercitarla in pratica, non è una vera libertà.

Parte 2
MEDICI E BIOLOGI

1)

CHRISTIAN DE DUVE

Tra le immagini della Micrographia di Robert Hooke, pubblicata nel 1665, spicca il disegno di una fetta di sughero, che mostra una struttura costituita da una serie di cellule, « cellette », come quelle dei monaci o dei carcerati: un termine che ha subito catturato l'attenzione, ed è rimasto in uso fino a oggi.

Da quel momento, la scienza ha intrapreso il progetto di comprendere cosa siano veramente le cellule di cui si compone un organismo, e come funzionano. E già nel 1906 il premio Nobel per la medicina è andato a Camillo Golgi e Santiago Ramón y Cajal, per i loro studi delle cellule al microscopio ottico.

Per la nascita di una vera e propria « biologia cellulare » si è dovuto però attendere il microscopio elettronico, che ha svelato come dentro la membrana di una cellula si trovi un vero e proprio organismo che percepisce il mondo esterno, vi si muove, se ne ciba, lo digerisce, ed è in grado di comunicare coi propri simili.

I creatori di questa disciplina, premiata col premio Nobel per la medicina nel 1974, sono Albert Claude, Christian de Duve e George Palade. De Duve, in particolare, ha contribuito a renderla popolare attraverso una serie di meravigliosi libri di divulgazione, gli ultimi dei quali sono Polvere vitale (Longanesi, 1998) e Come evolve la vita (Cortina, 2003).

L'ottantasettenne de Duve ci ha brevemente raccontato la sua vita a Venezia il 12 marzo 2005, in occasione del convegno sulla Scienza e le Odierne Visioni del Mondo, confessando di non aver ancora trovato il tempo di scrivere la propria autobiografia: « Forse quando sarò vecchio », ha aggiunto ridendo, prima di scappare all'aeroporto.

Per cominciare dagli inizi, lei è stato educato in maniera cattolica in famiglia e a scuola: le è stato di intralcio nella sua carriera scientifica?

No. Sono stato fortunato, perché quando ho cominciato a lavorare all'Università Cattolica di Lovanio sono entrato nel gruppo di Joseph Bouckaert, il quale non era affatto un vitalista, a differenza di altri suoi colleghi. Era uno scienziato molto rigoroso, e mi ha insegnato a lavorare e ragionare nel modo giusto.

È vero che agli inizi lei voleva diventare non uno scienziato ma un letterato?

Vede, io sono andato a scuola dai gesuiti, i quali non amano la scienza. E me l’hanno insegnata tanto male, che non me l’hanno fatta per niente amare. Da studente mi piaceva la matematica, questo sì, ma anche la filosofia e la letteratura. Però nella mia famiglia si pensava che all’università bisognava andarci per imparare una professione: le scelte accettate erano legge, economia o medicina. Così ho scelto medicina, anche se credevo che avrei dovuto pagare un prezzo dovendo studiare fisica, chimica e biologia, che invece poi mi hanno entusiasmato.

Ha mai praticato la professione?

Solo durante la guerra. Quando mi sono laureato nel 1941, volevo andare all’estero a perfezionarmi. Ma c’era l’occupazione nazista, e non potendo espatriare ho deciso di prendere un’altra laurea in chimica. Per mantenermi ho trovato lavoro come assistente nell’Istituto per il Cancro, e per tre anni ho praticato in ospedale: la maggior parte del tempo di notte, perché di giorno stavo in laboratorio.

E anche stato preso prigioniero, vero?

Non proprio. Mi sono arruolato nel 1940, e quando c’è stata l’invasione tedesca mi hanno catturato. Ma sono scappato.

Come Steve McQueen in La grande fuga?

No, niente di eroico. Semplicemente, me ne sono andato... Stavamo marciando incolonnati su una strada, quando un’auto francese ci è passata di fianco, e io sono salito sul predellino.

I tedeschi mi hanno guardato andare via, ma non hanno reagito. Così ho guadagnato quattro anni di vita, se non la vita stessa.

Lei ha avuto una bella lista di insegnanti, tutti premi Nobel. Chi e stato il primo?

Hugo Theorell, nel 1946. Era l’esperto mondiale della biochimica delle emoproteine, come l’emoglobina. Ho passato diciotto mesi nel suo laboratorio di Stoccolma, dove le cristallizzavano: un ottimo addestramento.

Che tipo era?

Da giovane aveva avuto la poliomielite e, poiché camminava a malapena, aveva bisogno di due stampelle. Spesso andava a quattro gambe, nel laboratorio. Cantando, fra l’altro, perché era anche un grande musicista: lui suonava il violino, e sua moglie il clavicembalo e il piano. Il Nobel l’ha preso dopo, nel 1955.

E lei nel frattempo studiava lo svedese, per poter fare bella figura al banchetto quando sarebbe venuto il suo turno...

Già. Ma non è difficile imparare una lingua stando sul posto, se uno è un po’ portato per queste cose.

E i due Cori, Cari e Gerty?

Questa è una storia lunga. Ma per farla breve, io cominciai a lavorare sull’insulina, di cui volevo studiare il meccanismo: loro erano gli esperti mondiali del metabolismo dei carboidrati, ma io non ero d’accordo con ciò che pensavano del problema di come si collega l’azione dell’insulina al fegato, e così ho deciso di andare da loro per convincerli che sbagliavano...

E c’è riuscito?

Naturalmente! Ma non subito: ci sono voluti alcuni anni, e nel frattempo siamo diventati grandi amici. La cosa interessante è che io sono arrivato da loro nel settembre del 1947, e un mese dopo è arrivato un telegramma da Stoccolma... Così io e mia moglie siamo diventati i loro consiglieri per la cerimonia del

premio Nobel, perché l’anno prima Theorell, che era membro dell’organizzazione, ci aveva fatto invitare al gala.

Si stava preparando per bene al suo turno, mi sembra.

In un certo senso, sì! Ricordo che dopo la cerimonia, mentre stavamo aspettando il bus per tornare a casa, faceva un freddo cane, e mia moglie mi disse: « Ci vorrebbe una pelliccia ». Io le risposi: « Quando toccherà a me, l’avrai ». E così è stato, trent’anni dopo.

Torniamo ai Cori, però.

Oh, erano molto rigidi: emigranti tedeschi, dalla Germania centrale. Una volta rotto il ghiaccio diventavano molto amichevoli, ma agli inizi gelavano un po’.

Dalla lista manca ancora un maestro, no?

Sì, Earl Sutherland, che vinse il Nobel nel 1971. Abbiamo lavorato insieme per tre mesi, nell’estate del 1948, e abbiamo ottenuto un risultato piuttosto importante. E così ho avuto per maestri quattro premi Nobel: il che dimostra che in un certo senso la cosa è ereditaria...

Ma veniamo al suo lavoro principale: quello del 1955 sui lisosomi.

Quando tornai in Belgio, nel 1948, il mio primo progetto fu la caratterizzazione e la purificazione di un enzima che era stato scoperto dai Cori, e questo mi portò a studiare la sua distribuzione nelle cellule. Albert Claude, che poi prese il premio Nobel con me, aveva sviluppato le due tecniche principali che si usano per analizzare le cellule: la microscopia elettronica, e il frazionamento centrifugo.

Che sarebbe?

Si pesta la cellula in modo che la membrana si rompa, e si ottiene una specie di zuppa in cui tutte le varie parti sono separate. Con la centrifuga le parti più pesanti vanno a finire sul fondo, e le più grandi ci arrivano prima. Poi seguono le più leggere e le più piccole. Così si separano i nuclei, i granuli, i mi-

erosomi, eccetera. Io applicai questa tecnica, che Claude stesso mi aveva spiegato negli Stati Uniti, allo studio del mio enzima, e trovai qualcosa di strano e inaspettato: praticamente nella cellula non ce n’era.

Come mai?

Pensai di aver sbagliato qualcosa. Misi il tutto in frigo, e me ne andai per il weekend. E quando tornai, l’enzima era là! Come scoprii in seguito, questo enzima era concentrato in un sacchetto, che era sopravvissuto alla fase di preparazione della cellula, ma si era rotto stando nel frigo, lasciando fuoriuscire l’enzima. E col tempo trovai cinque enzimi che si comportavano in maniera analoga, e che stavano tutti nello stesso sacchetto.

Che sarebbe il lisosoma?

Sì: la parola significa « corpo digerente », e l’ho scelta perché questi enzimi avevano tutti la funzione di spezzare molecole grandi in parti più piccole, e il loro insieme è come una specie di stomaco della cellula.

Una bella storia di serendipità! E cosa ha fatto dopo?

Fino agli anni ’60 ho fatto ricerca fine a se stessa, credendo nel diritto di cercare e conoscere la verità. Ma poi mi sono accorto, in parte grazie ai moti del ’68, che avevo anche il dovere di fare qualcosa di utile per la società che finanzia e supporta la ricerca.
Così ho creato a Bruxelles un Istituto Internazionale di Patologia Cellulare e Molecolare, inaugurato nel 1974, che oggi porta il mio nome: cose che succedono quando si invecchia.

E come arrivato alla divulgazione scientifica?

Per caso. L’Università Rockefeller di New York organizza ogni anno, verso Natale, dei cicli di quattro lezioni dedicate a cinque o seicento studenti delle superiori, selezionati dai loro insegnanti: un fantastico gruppo di ragazzi, intelligenti e motivati.
Nel 1976 invitarono me, e io decisi di offrir loro Una visita guidata della cellula vivente, immaginai che la cellula fosse un milione di volte più grande di quello che è, più o meno delle di-

mensioni delPauditorium, e che i ragazzi indossassero delle mute, perché l’interno della cellula è liquido. Li feci diventare dei « citonauti ».

E quello è diventato il suo primo libro per il grande pubblico.

Non era certo previsto, anche perché la ricerca non mi lasciava molto tempo libero. Le lezioni comunque erano state registrate, e le diedero da sbobinare a un biologo argentino che faceva anche il giornalista. Ma quando vidi la trascrizione, mi misi le mani nei capelli e decisi di rivederla: ci impiegai cinque anni, ma nel 1984 il libro fu finalmente pubblicato da Scientific American, con trecento illustrazioni. Poi ne feci una versione semplificata, intitolata Progetto di una cellula, che uscì nel 1991.

Ha fatto lo stesso anche per i due libri sulla vita?

Sì. Quelli sono in un certo senso una continuazione dei precedenti, perché dopo la visita alla cellula mi era venuta voglia di raccontare la storia di come si era formata: una cosa tira l’altra, e così mi sono allargato fino all’evoluzione da un lato, e al futuro della vita dall’altro. E di passaggio ho anche prodotto una mia teoria sull’origine della vita, anche se non ho potuto fare gli esperimenti per confermarla o refutarla.

E alla fine di tutto, che idea si è fatta della natura umana?

Mi sembra che la specie umana sia un risultato molto imperfetto dell’evoluzione, per ora: certo c’è spazio per progredire e migliorarla. La vita ha ancora alcuni milioni di anni di fronte a sé, sulla Terra, e certamente non passeremo alla storia come il suo prodotto finale: al massimo, una tappa intermedia.

In questo lei sembra concordare con Teilhard de Chardin o Aurobindo, che pensavano entrambi che l’evoluzione non fosse affatto finita con noi.

Aurobindo non lo conosco, ma di Theilhard non mi piace il modo in cui mescola insieme scienza e religione.

Lei vorrebbe tenerle separate?

103

La religione deve adattarsi alle scoperte scientifiche: se c’è un conflitto con la scienza, è lei che deve cedere. Ma io non sono un ateo militante come Richard Dawkins, ad esempio: per me l’ateismo è l’altra faccia della medaglia del teismo. Credo che la religione ci possa fornire una guida spirituale, e per me Gesù Cristo è come un maestro morale.

E lo considera Dio?

Ma si figuri! Quelle sono cose senza senso.

Però nelle ultime pagine del suo ultimo libro, lei ha una sezione sorprendentemente intitolata « Realtà ultima ». Che cos’è, una versione del Dio di Spinoza?

Confesso di non aver mai letto Spinoza, ma tutti quelli che conoscono lui e leggono il mio libro me lo chiedono: un motivo ci sarà. Io so solo di credere che ci sia un’unica realtà, di cui il cervello può comprendere sempre più aspetti, man mano che diventa più complesso con l’evoluzione. Noi uomini comprendiamo ciò che ci permette il chilo e mezzo di materia grigia che abbiamo in dotazione, che comunque è parecchio: la relatività, la selezione naturale, le Variazioni Goldberg, la Cappella Sistina...

La struttura della cellula...

Sono tutti modi di avvicinare la bellezza e la verità. Ma probabilmente non sono molto, in paragone a ciò che altri esseri e altri cervelli potranno fare tra qualche miliardo di anni.

2)

RENATO DULBECCO

La vita di Renato Dulbecco è stata popolata* per non dire sovraffollata, di premi Nobel: fra i suoi compagni di scuola (Salvador Luria e Rita Levi Montalcini), i suoi professori (lo stesso Luria e Max Delbriick) e i suoi amici (James Watson e Richard Feynman). Oltre, naturalmente, a lui stesso e ai suoi studenti Howard Temin e David Baltimore, vincitori nel 1975 per lo studio dei virus e delle cellule tumorali.

Laureato in medicina a soli 22 anni, Dulbecco è stato il padre della virologia moderna, uno dei pionieri dello studio del cancro, l’alfiere della lotta contro il fumo, l’ideatore del Progetto Genoma, un divulgatore di talento, un opinionista da

prima pagina, il presentatore di un Festival di Sanremo, il testimonial d’onore del Telethon e, dulcis infundo, l’ispiratore di un personaggio di fumetti chiamato Dulby.

Dopo aver raccontato la sua ricca esperienza in Scienza, vita e avventura (Sperling & Kupfer, 1989), il 10 settembre 2002 Dulbecco ha generosamente acconsentito a ripercorrerne alcune tappe salienti con noi a Lugano, nella sua bella casa sul lago.

Le**i ha studiato a Torino col professor Giuseppe Levi, e ha avuto come compagni di studi Luria e Levi Montalcini. Non è strano che da una stessa scuola siano usciti tre premi Nobel?**

Statisticamente, è un po’ improbabile. Però bisogna tener presente la personalità di Levi, che ha avuto un’influenza molto utile e benefica. Lui incoraggiava molto a fare, ma era estremamente critico: quando uno aveva un risultato e glielo faceva vedere, bisognava convincerlo. Il più delle volte trovava i punti deboli, che è quello che ci vuole per fare uno scienziato: può essere una ragione per cui queste tre persone sono poi arrivate a certi traguardi.

Siete stati molto uniti?

Certo. Con Luria ho lavorato negli Stati Uniti per due anni. Con la Levi Montalcini dividevamo l’ufficio a Torino, e per combinazione siamo partiti per l’America sullo stesso vapore polacco, che si chiamava Sovietsky. Là non stavamo lontani, io a Bloomington con Luria e lei a Saint Louis, per cui ogni tanto ci trovavamo, chiacchieravamo, parlavamo di quello che facevamo. È stato un gruppo sempre unito anche dopo.

Come mai, dopo la laurea in medicina, lei aveva anche studiato fisica a Torino?

Dopo la guerra, quando sono ritornato a lavorare da Levi, l’idea dei geni mi affascinava. Ma nessuno ne sapeva niente e non se n’era mai parlato a medicina, nessuno ce li aveva insegnati.
Io credevo che l’unico modo per studiarli fosse di usare radiazioni, e mi sono iscritto a fisica per sapere come le radiazioni funzionano, e come poterne analizzare gli effetti.

Non è stato dunque perché, come tanti altri, aveva letto Che cos’è la vita di Schrodinger?

Non credo. Il fatto è che la fisica mi è sempre piaciuta, e anche la matematica. Già nella scuola media ero il più in gamba in quelle materie.

Negli anni ’50 i fisici hanno poi avuto un ruolo fondamentale nella biologia: Crick, ad esempio.

Il suo contributo fondamentale fu la conoscenza della cristallografia a raggi X, che è stata essenziale per la scoperta della struttura del dna.

Diceva prima di essere andato a lavorare a Bloomington con Luria. Come lo ricorda?

Era una persona molto affabile. Lui e sua moglie mi trattavano come un figlio, benché fossimo quasi coetanei. Poiché agli inizi il mio inglese non era adeguato, mi invitavano con gli amici per sentire e parlare. Sono stati veramente fantastici.

106

Luria ha detto un giorno: «Il mio più grande contributo alla biologia e stato di avervi portato Dulbecco ».

Eh, eh... So che l’ha detto, ma non sta a me giudicare.

E secondo lei qual è stato il più grande contributo di Luria?

Il lavoro teorico che ha fatto con Max Delbriick, che dimostrava in maniera puramente matematica la presenza di cloni in popolazioni. È stato molto importante, perché ha spronato la ricerca in quella direzione. Ha fatto dei batteri l’elemento chiave e centrale: per molti anni tutta la biologia molecolare è stata lo studio di batteri e fagi.

Lei ha poi lavorato anche con Delbriick, che ha condiviso con Luria il premio Nobel del 1969.

Lui ha avuto un’influenza notevolissima. Era una strana miscela: molto all’avanguardia, ma allo stesso tempo conservatore.
Mi ricordo che quando Jim Watson venne a Caltech dopo la scoperta della doppia elica, pensammo che bisognasse organizzare una biologia molecolare. Andammo a dirlo a Max, ma a lui non piacque: diceva che era troppo presto, che non c’erano dati, che non valeva la pena pensarci. Da una parte aveva ragione, perché avere idee senza riscontri precisi è pericoloso. Ma dall’altra parte uno deve pur osare, altrimenti non fa niente.

A Caltech lei era amico del famoso fisico Richard Feynman, premio Nobel nel 1965.

Ho addirittura seguito un suo corso di fìsica, sulla meccanica quantistica. Insegnava molto bene, era molto chiaro: anche uno come me, che non aveva mantenuto la connessione con la fisica, poteva seguirlo. Come persona era strana, con le sue manie dei

bongo: gli interessavano specialmente i ritmi anormali, tipo 5/6 o 6/7. E io riuscivo a farli con lui.

Non mi dirà che anche lei suona il bongo!

No, no. Però potevo bilanciare il ritmo, per cui andavamo d’accordo. Cercammo di fare un lavoro insieme, ed è un peccato

che non ci siamo riusciti. Tutto era chiaro, l’idea era perfetta, mancava solo un piccolo dettaglio tecnico. Non funzionò, ma invece di andare a vedere come mai io lasciai perdere, perché avevo altre cose da fare. In fondo per me è andata meglio così, perché altrimenti mi sarei orientato in un’altra direzione.

Prima parlava di Watson, col quale aveva già diviso l’ufficio a Bloomington.

Avevamo tavoli vicini. Era molto pazzerello, ma intelligentissimo. A quell’epoca il biologo danese Ole Maakte aveva dimostrato che quando una cellula è infettata dal fago, ne eredita il DNA. Molta gente pensava che ci fosse un errore, e che il ruolo importante l’avessero le proteine. Watson stava ancora facendo il dottorato con Luria, ma sospettava già che il materiale genetico del virus fosse il DNA. Quando ha finito è andato a lavorare prima con Maakte, e poi con Crick. Ha avuto dei problemi, perché non volevano dargli una borsa di studio per studiare il dna: pensavano che fosse tempo perso.

Parliamo invece di lei, e dei lavori degli anni ’50 che le hanno meritato il titolo di «padre della virologia ».

Luria aveva scoperto che, benché un fago venga inattivato dalla luce ultravioletta, se più fagi infettano una cellula la loro sopravvivenza aumenta. Lui pensava che questa molteplicity reactivation, « riattivazione per molteplicità », fosse dovuta a scambi tra i DNA dei fagi, che ne aumentavano la capacità di resistenza.
Io invece scoprii, con metodi matematici, che il fenomeno era provocato da una differenza funzionale di varie parti del DNA.
Da lì fu possibile scoprire che i danni sono modificati da un’azione enzimatica, e che i geni di questa azione stanno nel DNA del virus.

Questi erano i suoi lavori a Bloomington. Cambiò qualcosa, quando andò a Caltech?

Capitò una cosa imprevedibile. Un amico del presidente dell’università, che aveva un herpes, stanziò una grossa somma perché si cominciassero a studiare i virus patogeni delle malat-

tie, invece dei virus giocattolo da laboratorio. Delbriick convocò Seymour Benzer e me, e ci chiese se eravamo interessati.
Benzer, che era un fisico, preferì continuare il suo lavoro. Io, che in fin dei conti ero un medico, accettai. Proposi un adattamento del metodo quantitativo delle placche che si usava coi fagi, che è poi stato fondamentale per lo sviluppo dei vaccini e lo studio degli anticorpi.

E per questo che ha ricevuto il premio Nobel?

No, no. È per le ricerche sul cancro, iniziate quando Peyton Rous dimostrò l'esistenza del primo virus cancerogeno, in uno studio sul sarcoma dei polli che gli valse il premio Nobel nel 1966. Due miei allievi, Harry Rubin e Howard Temin, studiarono una leucemia dei polli diversa dal sarcoma di Rous. Per spiegare come facesse il virus ad avere un'azione permanente nella cellula nella quale entra, venne fuori l'idea che ci doveva essere un'interazione tra i geni del virus e quelli della cellula.
Quando Temin discusse la sua tesi, Delbriick disse che non c'era nessuna prova: un altro esempio del suo pragmatismo.

Qual era il problema?

Il genoma del virus era di RNA, e non si capiva come potesse andare a finire nei geni di una cellula il cui genoma era di dna: naturalmente, non si sapeva che c'era un enzima che permette di fare il passo indietro, dall'RNA al dna. Allora io ho pensato di usare virus che avessero come genoma il DNA: ad esempio quello appena scoperto del polioma, che causa il tumore nei topi, e anche l'SV40, che agisce su cellule umane. Alla fine siamo riusciti a dimostrare chiaramente che c'è questa interazione.

Lei condivise il premio Nobel con Temin e David Baltimore, un altro suo studente: che effètto le fece?

Eh, eh... Fu interessante.

In occasione della premiazione lei ha preso una posizione molto netta contro il fumo.

109

A me questa storia non aveva mai interessato prima, perché io non fumo. Ma ero in contatto col gruppo di Richard Peto, che aveva dimostrato che il tabacco produce il cancro del polmone. Avevano cercato di indurmi a lavorare con loro, e quando ho preso il premio Nobel sono venuti a dirmi che era un'occasione da non perdere. Io mi sono entusiasmato e ho fatto quella dichiarazione: sa, quando arriva il Nobel si diventa un po' matti.

Non è un po’ strano che ci sia il proibizionismo contro le droghe, anche leggere, ma il commercio del tabacco sia libero?

Be’, il tabacco lo producono gli Stati Uniti, le droghe no.

Come le venne in mente, invece, l’idea del Progetto Genoma?

Dopo il premio Nobel decisi di concentrarmi su cancri di significato medico, ad esempio quello del seno. Era chiaro che molti geni dovevano cambiare attività col cancro, ma non si sapeva quali. A quell’epoca se ne conoscevano pochissimi, e ho pensato che bisognava assolutamente studiarli sistematicamente e sequenziare il genoma. Lo proposi nella primavera o all’inizio dell’estate del 1985, in una conferenza a Cold Spring Harbor, e mi ricordo il grande scetticismo della gente, che quasi pensava che fossi matto. Poi però qualcuno dei miei colleghi cominciò a dire che non era poi un’idea così pazzesca, e io decisi di scrivere l’articolo per Science che uscì nel marzo del 1986.

Immaginava, nel 1986, che sarebbero bastati quindici anni?

Sì. Avevo fiducia, e l’ho anche scritto. Non avevamo le tecnologie, ma se la gente ci si mette le tecnologie arrivano. E infatti sono arrivate.

Non si poteva evitare di coinvolgere l’industria e i capitali privati?

La collaborazione con l’industria è utile, se si vogliono ottenere dei risultati pratici: l’esistenza della Celerà privata ha spronato il Consorzio pubblico, che altrimenti sarebbe andato molto più lentamente. D’altra parte, la Celerà non avrebbe potuto fare quello che ha fatto senza usare i dati del Consorzio: loro pren-

dono il dna, lo spezzano con ultrasuoni, esaminano i pezzi separatamente, e poi li rimontano facendo combaciare le estremità. Il problema è che l’8O per cento del genoma consiste di sequenze ripetute, e si fanno troppi errori: per rimediare, la Celerà ha dovuto ricorrere a lunghi tratti di genoma forniti dal Consorzio pubblico.

E che cosa pensa della brevettazione dei geni?

Per me un brevetto è un prodotto ottenuto con mezzi non banali, e che abbia dimostrata utilità. Brevettare un gene da cui si è ottenuto un prodotto utile, va bene. Ma non so perché si debba concedere il brevetto a un gene soltanto perché lo si è identificato, senza sapere né dove agisce né cosa fa. Ma vedo che

adesso si è creata una notevole resistenza, e penso che alla fine ci sarà un cambiamento.

Quale il ruolo dell'informatica nelle ricerche sul genoma?

Molto sviluppato e molto importante. Per esempio, non sarebbe possibile riconoscere a mano i dettagli delle sequenze che identificano i geni, e nemmeno far combaciare le estremità dei pezzi per ricostruire il genoma.

E della teoria dell'informazione?

Oggi si cercano di identificare quelli che vengono chiamati i sistemi dell'organismo, ad esempio i complessi formati dalle proteine nelle cellule, e c'è un gran bisogno delle teorie che descrivono questi sistemi.

Un'ultima curiosità. Nel suo libro lei ha fatto molti esempi di applicazioni della genetica al carattere.

Perché sembra che queste cose interessino la gente.

Sì, ma io volevo spingerla al limite e chiederle se anche le scelte religiose potrebbero avere un substrato genetico.

Può essere benissimo, perché tutti i popoli hanno qualche tipo di religione: evidentemente, tutti si pongono la domanda di che cosa c'è al di fuori di ciò che vediamo. Se questo possa aver

avuto un significato evolutivo ed essere determinato dai geni, non si sa. O meglio, io non lo so. Penso che ci sia un'influenza tra genetica e religione, ma non so in che direzione: se è la religione a influenzare la genetica, o viceversa. O se interagiscono indipendentemente: forse quest'ultima possibilità è la più plausibile.

E lei è religioso?

No. E sono senz'altro contrario alle posizioni religiose sulle cellule staminali e sugli embrioni sovrannumerari.

3)

DAVID HUBEL

Poiché costituiscono le « porte della percezione », come dissero William Blake e Aldous Huxley, i sensi sono l'aspetto fisiologico

più noto e immediato del corpo umano. Non può stupire, dunque, che la chiarificazione dei loro meccanismi abbia portato a vari premi Nobel per la medicina.

Alcuni sono stati assegnati per lavori relativi a udito e olfatto: nel 1914 a Robert Baràny, per la fisiologia dell’apparato vestibolare, che presiede al controllo dell’equilibrio; nel 1961 a Georg von Békésy, per il meccanismo della coclea, la struttura a forma di conchiglia di lumaca che trasforma le onde sonore in impulsi nervosi; e nel 2004 a Richard Axel e Linda Buck, per la scoperta dei recettori olfattivi.

Ma è stata la vista a fare la parte del leone, con tre premi: nel 1911 a Allvar Gullstrand, per la diottrica dell’occhio; nel 1967 a Ragnar Granit, Haldan Hartline e George Wald, per la fisiologia delle cellule sensoriali visive e la chimica della retina; e nel 1981 a David Hubel e Torsten Wiesel, per la struttura neuronale della corteccia visiva.

Per divulgare le sue ricerche sugli aspetti fisiologici della visione Hubel ha scritto il bel libro Occhio, cervello e visione (Zanichelli, 1989). Noi l’abbiamo intervistato l’11 dicembre 2003 all’Harvard Medical School di Boston, un tempio della ricerca medica al centro di una vera e propria città ospedaliera ultramoderna, nel quale Hubel ci ha fatto visitare il suo laboratorio e vedere le gabbie per i famosi esperimenti che ha condotto sulle scimmie.

Come ha cominciato i suoi studi?

Al liceo mi piacevano molto le lingue, soprattutto il latino. Ma quando arrivai all’università, poiché il tempo era limitato, ho dovuto concentrarmi sulla matematica, che oltre a piacermi

mi dava abbastanza tempo libero per leggere e andare ai concerti.

Come è finito a fare un dottorato in medicina, allora?

È stata una decisione arbitraria, presa subito dopo la laurea e non capita perfettamente nemmeno da me: infatti, quando accettarono la mia domanda rimasi scioccato! Probabilmente sentivo di non avere abbastanza talento per la matematica, né sufficiente preparazione per la fisica: sarebbe stato un errore continuare con l’una o l’altra. O forse, istintivamente, volevo entrare in un campo con più interazione sociale, e meno aridità umana.

Vedo però sulla sua lavagna formule e grafici: che matematica ha usato, nel suo lavoro?

Non molta, direttamente. A volte ho giocato con gli insiemi di Julia e di Mandelbrot, ma solo perché sono un modo più stimolante di usare il computer, che non navigare semplicemente in rete.

L’elettronica le è stata utile, invece?

Quella l’abbiamo ovviamente usata, per registrare gli impulsi di singole cellule: abbiamo anche dovuto sviluppare uno speciale hardware per gli elettrodi. Niente di profondo, ma c’era bisogno di un po’ di versatilità e di qualche conoscenza.

Che le veniva da dove?

Avevo fatto abbastanza elettronica a scuola, ma soprattutto ci avevo giocato da ragazzo, costruendo cose per conto mio. Continua a piacermi anche ora, benché solo come hobby: qualche anno fa ho imparato l’alfabeto Morse, e mi sono divertito a costruire un trasmettitore.

E la fisica, l’avete usata?

Certamente, un sacco, benché solo la fìsica classica. Serviva soprattutto per generare grafici con varie forme e colori, che poi davamo agli animali da guardare.

114

Vedo anche che sul tavolo ha un libro di Hofitadter. Cosa pensa del paragone che a volte si fa, tra le reti neurali informatiche e il sistema nervoso fisiologico?

Il parallelo arriva solo fino a un certo punto, e finora non mi sembra che i modelli informatici abbiano contribuito molto: siamo troppo lontani dalla comprensione dei circuiti stessi, che sono molto complessi. Il problema non è tanto l’aspetto informatico macroscopico, quanto quello anatomico microscopico. E lo studio anatomico, fatto in parallelo con quello fisiologico, richiedeva l’uso di scimmie: noi ne usavamo circa una alla settimana, a volte per mesi di seguito. Una trentina all’anno, in tutto.

Che poi morivano?

Sì. Si trattava di esperimenti terminali.

Di che genere?

Ad esempio, distruggevamo una minuscola parte di tessuto, aspettavamo qualche giorno perché degenerasse, e poi guardavamo le fibre con speciali strumenti anatomici, per mappare i loro percorsi. In parte cercavamo anche di registrare le cellule nel cervello: dovevamo sapere esattamente dove stavamo registrando,

e per saperlo dovevamo identificare le particelle di tessuto al microscopio. Agli inizi siamo stati fortunati, perché avevamo qualche istologo a disposizione, ma poi ci siamo dovuti fare un nostro laboratorio. L’aspetto anatomico, che è vitale, oggi non si può più studiare per il costo delle scimmie, ormai salito a qualche migliaio di dollari l’una.

E cosa succede, allora?

Che il campo è stato congelato ed è molto più difficile lavorarci, benché non ci sia nessuna minaccia animale: ci sono molte scimmie e gatti al mondo, e in molti paesi addirittura un’infestazione, ma non possiamo più permetterceli. Io avrei molte difficoltà a rifare oggi quello che ho fatto allora, e dovrei escogitare dei modi per aggirare le difficoltà.

115

Se dovesse ancora farlo, cosa le piacerebbe studiare?

Le due aree più eccitanti, al momento, sono la visione cromatica e la percezione della profondità stereoscopica. Nelle scimmie la prima sembra identica a quella umana, mentre la seconda è molto più sviluppata: il loro studio potrebbe quindi portarci molto lontano.

Da un punto di vista filosofico, e più specificatamente kantiano, c’è motivo di credere che ci siano degli a priori della percezione? Detto altrimenti, quanto è innato nei nostri circuiti, e quanto è invece appreso?

Entrambi gli aspetti sono enormemente importanti. A metà degli anni ’60 facemmo esperimenti con cuccioli di scimmia appena nati, registrando le loro cellule cerebrali, e scoprimmo che nella corteccia erano praticamente identiche a quelle dell’animale adulto, a parte la maturazione. Molta gente rimase scioccata dal fatto che i circuiti visivi più importanti fossero già presenti alla nascita, anche se questo non significa necessariamente che siano geneticamente determinati in maniera completa.

Scioccata, perché?

Perché la classica spiegazione psicologica del fatto che un animale diventa cieco se lo si tiene al buio per un paio di mesi dopo la nascita, era che in tal caso non apprende a vedere perché non gli si formano i circuiti. Invece noi abbiamo dimostrato che i circuiti sono già formati alla nascita, e se non vengono usati semplicemente si atrofizzano.

Cosa succede nella direzione opposta, per i ciechi dalla nascita?

L’esempio più tipico è la cataratta congenita. Un bambino si

può operare solo abbastanza tardi, verso i sei o sette anni, perché non resiste bene a operazioni di quel tipo: a quell'età, anche se si rimuove il cristallino e lo si rimpiazza con una lente, il bambino rimarrà virtualmente cieco per tutta la vita. Nelle

scimmie, i nostri esperimenti mostrarono che già dopo tre mesi ci sono gravi problemi.

Dunque, quello che conta è una combinazione di natura e cultura.

Per la vista è sicuramente così, e credo che si scoprirà che la cosa vale in generale. Naturalmente, non è detto che ciò che succede per la visione debba succedere anche con gli altri sensi: ciascuno potrebbe avere le sue proprie leggi, e per questo bisognerà verificarli uno per uno.

A proposito di altri sensi, per quale motivo lei ha scelto di studiare proprio la visione?

A dire il vero, verso metà degli anni '50 io avevo cominciato con la corteccia uditiva, e trovavo l'udito altrettanto stimolante della visione. Ma questa era più semplice da studiare, soprattutto perché all'epoca si usavano in particolare i gatti.

Perché non le scimmie?

Per vari motivi: erano ancora troppo care, troppo rischiose e troppo complicate. Ma poiché i gatti possono udire fino a circa 50 hertz, mentre noi solo fino a 20, è un po' difficile capire cosa li interessi uditivamente. È molto più facile sapere cosa li interessi visivamente, benché la vista non sia il loro senso preferito.

Sia la visione che l'udito sono, comunque, sensi «fisici ». Cosa succede coi sensi «chimici», come l'olfatto e il gusto?

L'olfatto è stato studiato negli ultimi dieci anni da Richard Axel e Linda Buck: loro hanno portato lo studio dell'olfatto al livello molecolare, e aperta la strada per la sua comprensione.

E il gusto?

Non è troppo diverso dall'olfatto, ma è più semplice. Ci sono centinaia di tipi di recettori olfattivi, che ora sono stati appunto più o meno compresi, mentre ci sono solo tre o quattro tipi di recettori del gusto.

E il tatto?

Quello è stato il primo senso a essere affrontato a livello neuronale, da Vernon Mountcastel. Io l'ho conosciuto molto bene, a Baltimora: è stato il miglior specialista delle sensazioni somatiche, e anche lui avrebbe dovuto ricevere il premio Nobel. Ma, a mio parere, il tatto è un senso che non esibisce la profondità di informazione di altri sensi. Certo gli si può far fare grandi cose, ad esempio leggere il Braille, ma gli uomini non l'hanno sviluppato come la vista o l'udito.

Ci sono animali per i quali il tatto è fondamentale?

Non tra i mammiferi, credo. Anche se un gatto cieco può andare lontano usando le informazioni che gli arrivano dai baffi, e questa è una forma di tatto.

Mountcastle è venuto prima di voi?

Molto prima, verso metà degli anni '50. È stato lui a scoprire le colonne di aggregazione delle cellule del sistema sensoriale somatico, prima che noi le trovassimo in quello visivo: quello è stato il suo maggior contributo alla fisiologia sensoriale.

Cosa sono queste colonne?

Si tratta della struttura fondamentale di organizzazione delle cellule, che nella corteccia visiva prende la forma di strutture cilindriche (e, nell'uomo, anche laminari) dell'ordine di un millimetro in sezione. Ma ce ne sono anche di più piccole, e si interpenetrano: studiare una colonna interamente richiede dunque di invaderne molte altre adiacenti. Per me la corteccia è una struttura enormemente interessante: anche dal punto di vista geometrico, forse a causa della mia formazione matematica.

Come logico sono naturalmente molto interessato ai paradossi, molti dei quali sono di natura sensoriale. Qual è la loro funzione fisiologica?

Nel caso della vista io preferisco parlare di illusioni, più che di

paradossi. Gli esempi tipici vengono dalla stereopsia, il meccanismo che ci permette di vedere in profondità e valutare le distanze, e sono prodotti da rivalità retiniche.

Per esempio?

Se si mostra una griglia verticale a un occhio e una orizzontale all'altro, intuitivamente uno penserebbe che si dovrebbe vedere

una griglia quadrata. E invece non si riescono a percepire entrambe simultaneamente: si vede un collage, con pezzi di griglia orizzontale e pezzi verticali. Il sistema non li può accettare entrambi allo stesso tempo, e fluttua da uno all'altro: è come se fosse stato progettato solo per ottenere certi scopi, e lo si potesse aggirare in vari modi.

Queste cose accadono, dunque, quando si spinge il sistema ai limiti?

Sì, e non solo nella vista: anche nell'udito, ad esempio, con i suoni infinitamente ascendenti o discendenti. Non è difficile capire come le cose funzionino: d'altronde, effetti inaspettati di questo genere salterebbero fuori naturalmente, non appena uno tentasse di progettare un sistema nervoso.

Come le backdoors dei programmi informatici?

Esattamente. Sono cose interessanti, ma senza troppe conseguenze pratiche: quando si tratta di cose comuni della nostra esperienza quotidiana l'inconscio aggira facilmente molte informazioni visive contradditorie, come le differenti grandezze delle immagini prodotte da oggetti vicini e lontani. E solo in situazioni inusuali che sorgono problemi.

Ma cosa succede nel cervello, in quei casi? Ad esempio, quando si guardano figure ambigue?

Questo non è molto chiaro. Si parla di « fenomeni cognitivi », ma quello è solo un modo per dire che non si è ancora capito cosa succede, o che succede a un livello di organizzazione del cervello che non è ancora stato studiato fisiologicamente. Nel fenomeno delle griglie, però, credo che ormai siamo vicini a ca-

pire cosa succede: si possono già facilmente immaginare esperimenti nella regione del cervello in cui noi abbiamo lavorato, che risolverebbero il problema.

E sono stati fatti?

Non lo so, ma non me ne stupirei. Anche perché ormai ci sono centinaia di persone che lavorano in questo campo, e c'è un'enorme competizione. Ai nostri tempi, invece, per dieci o quindici anni abbiamo avuto il campo a nostra completa disposizione, e tutto era più facile e meno caro.

Ha appena detto che la scienza cognitiva studia ciò che non si conosce ancora fisiologicamente: crede che un giorno tutto potrà esse re compreso a livello cerebrale?

In linea di principio, sì. In pratica potrebbe essere impossibile, perché ci sono così tanti circuiti che mapparli tutti potrebbe essere proibitivo. Un parallelo che mi piace fare è quello delle proteine in un organismo: se uno spende l'intera vita a fare frazioni a raggi X, può anche arrivare a descrivere completamente la struttura di una di esse, come Max Perutz con l'emoglobina. Ma ce ne sono decine di migliaia, e farlo per tutte le proteine potrebbe essere umanamente impossibile.

E per quanto riguarda la coscienza e le emozioni?

In cinquant'anni siamo andati immensamente avanti nella loro comprensione, e sarebbe una bravata dire che qualcosa non si può fare. Però questo non significa che allora sarà fatto: c'è così tanto da fare, e farlo richiede così tanto sforzo! In fondo, io stesso ho speso la mia intera vita scientifica su un'unica regione del lobo occipitale legato alla visione, quella chiamata V1: oggi si è arrivati alla V8, ma ce ne sono un paio di dozzine, alcune nemmeno numerate. La maggior parte non è ancora stata studiata, e si tratta della regione meglio compresa del cervello! Farlo con tutte le altre regioni può essere possibile, ma impraticabile.

Anche l'arte potrebbe essere spiegata neurofisiologicamente?

120

Benché io abbia lavorato con la visione, mi interessa più la musica che l'arte visiva. Ma ci sono già alcune cose che comprendiamo di quest'ultima, tipo quelle che hanno a che fare con l'arte ottica o con i colori. Non è però questo che lei vorrebbe sapere, bensì come funziona l'estetica: ma quelle sono problematiche « cognitive », appunto, cioè molto al di là delle nostre possibilità attuali. E, naturalmente, una parte della spiegazione probabilmente non è scientifica, ma sociologica: ad esempio, ciò che è successo nell'infanzia.

E la religione?

Certamente ci sono connessioni fra la religione e le funzioni del lobo temporale, ma per ora conosciamo solo fatti empirici: che certi elettrodi messi in certi posti, o certe droghe somministrate, producono certe situazioni mentali.

Ad esempio?

Un'overdose di clorofromosina, che è uno dei rilassanti muscolari più efficaci per il Parkinson, tende a indurre una schizofrenia, che in genere (anche se non sempre) sparisce quando il trattamento è interrotto. Inversamente, alcuni dei migliori farmaci per la schizofrenia, se dati in eccesso aumentano la tensione muscolare e

producono gli stessi sintomi del Parkinson. Queste cose si comprendono al livello chimico, del legame tra i farmaci che agiscono su certi neurotrasmettitori e i sintomi di certe malattie, ma come funzionino al livello dei circuiti neuronali è un’altra storia, per ora ancora fuori della nostra portata.

A proposito di religione, come giudica le posizioni della Chiesa sulla ricerca scientifica?

Il Vaticano considera la biologia oggi allo stesso modo in cui considerava l’astronomia ai tempi di Galileo. C’è molto sospetto nei riguardi della scienza, e non solo da parte della Chiesa, anche se a volte può essere giustificato.

Quando?

121

Ad esempio, quando ci si preoccupa dei rischi degli OGM: in teoria, intendo, perché in pratica bisogna confrontarli coi vantaggi nella produzione di cibo nei paesi poveri. Ma le discussioni su questi argomenti non sono completamente logiche, come dimostra la varietà di leggi a proposito nei vari paesi.

Si riferisce alle posizioni dei Verdi?

Sì, e questo indipendentemente dal fatto che essi stiano in genere più a sinistra che a destra. Non c’è un monopolio dell’irrazionalità, e si può esagerare in entrambe le direzioni.

E la ricerca scientifica può soffrirne?

Certamente. Basta pensare alle restrizioni ultraconservatrici dell’amministrazione Bush riguardanti le cellule staminali. Se si proibisce la ricerca in una parte sostanziale della biologia, si finisce per impedire il progresso dell’intera disciplina.

E le restrizioni riguardano non solo le ricerche sull’uomo, ma anche quelle sugli animali! Almeno, così è per quelle imposte in Italia dal governo Berlusconi.

Lasciamo pure da parte i problemi della clonazione: sia quella umana, per la quale io non vedo ragioni logiche, sia quella animale, che non sembra aver prodotto buoni risultati. Ma la sperimentazione animale è utilissima: ad esempio, quella sui cani, per lo sviluppo di tecniche operatorie in cardiologia. Ora, in molti stati degli usa si proibisce l’uso dei cani dei canili per la ricerca, nonostante essi vengano soppressi comunque: di nuovo, è illogico.

Questa volta il problema è creato dagli animalisti, però.

I quali, tra l’altro, si preoccupano quasi esclusivamente degli animali domestici, come cani e gatti: non delle scimmie, ad esempio, che pure sono più simili all’uomo. Adesso i cani e i gatti che si vogliono usare in laboratorio devono essere allevati espressamente per questo scopo, e i loro costi sono saliti alle stelle.

Ma non si può proprio farne a meno, nella ricerca?

Io credo di no, almeno per una buona parte della medicina.
Quando parlo con un animalista, la prima cosa che gli domando è se ha vaccinato i suoi figli contro la polio, perché lo sviluppo di quel vaccino ha richiesto l’uso di molte, molte scimmie: senza nemmeno saperlo, molti animalisti sono contrari a una ricerca di cui loro stessi si avvantaggiano! E poi, spesso non si rendono conto che la ricerca sugli animali serve anche agli animali stessi: ad esempio, per sviluppare vaccini per le loro malattie.
Il che non significa, naturalmente, che allora si possano liberamente infliggere sofferenze inutili.

Come si forma l’opinione pubblica, riguardo alla bioetica?

Troppo spesso, purtroppo, il pubblico viene esposto a una propaganda unilaterale: religiosa, politica, ambientalista, animalista...
In Massachusetts abbiamo un’Associazione per la Ricerca Medica che cerca di smascherare le menzogne e le assurdità, ma i suoi fondi sono minimali rispetto a quelli degli avversari della ricerca. I quali, tra l’altro, hanno facile accesso alle scuole e ai bambini.

Che bisogna fare per avere opinioni equilibrate?

Chiedere cosa ne pensano i medici e gli esperti, ad esempio. I quali, però, spesso preferiscono tenere un profilo basso per evitare attacchi che farebbero perdere loro pazienti e fondi. Io ho tentato di mobilitare la categoria, soprattutto per quanto riguarda la sperimentazione animale, cercando di convincere i medici a mettere opuscoli informativi nelle sale d’aspetto dei loro studi, invece di stupidi rotocalchi.

Quindi, come al solito, il problema è l’educazione scientifica.

Sì, il riuscire a diffondere il punto di vista razionale a fianco di quello irrazionale, così che poi la gente possa decidere da sé.

E quale ruolo deve giocare la politica, in queste cose?

Dovrebbe emanare leggi sulla base di argomentazioni razionali

e ragionevoli, e non della propaganda di gruppi che si prefiggono obiettivi senza senso e difendono cause assurde. Ma forse una « politica razionale » è un ossimoro, e pretenderla una contraddizione.

4)

RITA LEVI MONTALCINI

Nel 1953, lo stesso anno in cui fu scoperta la doppia elica del dna, Rita Levi Montalcini scoprì I’ngf, o « Fattore di Crescita Nervosa »: una molecola che regola e favorisce la crescita delle cellule del sistema nervoso, e svolge un ruolo di coordinamento fra i tre grandi sistemi (nervoso, endocrino e immunitario) che mantengono lo stato di salute di un organismo. Ad esempio, gli animali privati dell’NGF si sviluppano male, capiscono meno, si ammalano di più e invecchiano prima del solito, mentre quelli curati con I’ngf recuperano parte della funzionalità persa a causa dell’età.

Per la sua scoperta, che come si può immaginare ha anche molteplici applicazioni terapeutiche, la Montalcini ha ricevuto nel 1986 il premio Nobel per la medicina insieme a Stanley Cohen, ed è stata nominata senatrice a vita nel 2001. Fra i suoi libri divulgativi spiccano gli autobiografici Elogio dell’imperfezione (Garzanti, 1988) e Cantico di una vita (Cortina, 2000), mentre un suo profilo biografico e scientifico si trova in Rita Levi Montalcini, a cura di Lilia Alberghina e Pierà Levi-Montalcini (Mondadori Scuola, 2004).

Abbiamo intervistato questa fragile ma indomita quasi centenaria il 26 settembre 2005 a Bergamo, in occasione di due suoi memorabili bagni di folla con gli studenti delle superiori e con il pubblico di BergamoScienza.

Per cominciare dagli inizi, cosa avrebbe voluto fare da giovane?

La musicista o la matematica, ma purtroppo quelle sono cose per cui bisogna essere portati. Musicisti o matematici si nasce, non si diventa: o hai quei circuiti, o è inutile provarci. Io invece avevo solo un’intelligenza media, o di poco superiore: in matematica non ho mai avuto problemi, ma non ero un genio.

Quello che in seguito mi ha fatto arrivare è stato più l’impegno, o la passione, che non l’intelligenza.

E per arrivare, da dove è partita?

Allora era come entrare in una giungla senza sapere dove andare: io sono stata fortunata, perché ero affascinata dalla straordinaria bellezza del sistema nervoso e dei suoi circuiti. Un problema estetico, che solo in seguito è diventato scientifico.

Che differenza c’è fra i due approcci?

L’arte è idealista: si crea dal nulla un mondo fantastico. La scienza invece è empirista: cerca di ricreare il mondo com’è, copiando la natura.

A proposito di partenze, lei e Dulbecco siete emigrati negli Stati Uniti sulla stessa nave. E vero che lui era innamorato di lei?

No, no! Si diceva, ma non credo. Eravamo amici, e così siamo rimasti. Un rapporto di amicizia particolarmente intenso, che è durato tutto il tempo. Sono io che gli ho fatto iniziare gli studi in fìsica, sa? Gli ho detto: « Lei è così intelligente, perché mai vuol fare il patologo? Ma studi fìsica, faccia qualcosa di più importante!

Cosa è successo negli Stati Uniti?

Sono stata improvvisamente cambiata dall’ambiente. E il mio cambiamento è testimoniato nelle lettere a mia madre e a mia sorella di quel periodo: ne ho scritte millecinquecento tra il 1946 e il 1970, e una scelta di circa duecento è stata pubblicata nel Cantico di una vita.

Lei ha presto trovato il fattore di crescita che l’ha resa famosa. All’epoca si immaginava che fosse così importante?

No. Quando ho fatto la mia scoperta, più di mezzo secolo fa, sapevo che I’ngf agiva sulle cellule nervose, ma non che agisse sul sistema autoimmunitario ed endocrino. Mai avrei immaginato che, come è stato detto nella motivazione del premio Nobel, avrei aperto un nuovo campo di studi. E gli onori di Stoc-

colma mi hanno fatto molto piacere, ma non tanto quanto il rendersi conto che la mia scoperta si è rivelata anche più importante di quanto si poteva già prevedere.

Ci sono connessioni anche col cancro?

Certo, completamente: in fondo, la scoperta dell’NGF è avvenuta studiando le cellule del sarcoma. È stato Luria a notare che, mentre i malati di cancro sono i disperati della società umana, alle cellule impazzite del cancro noi dobbiamo due scoperte

fondamentali: le interconnessioni e, appunto, il fattore di crescita nervosa.

Quali sono le applicazioni dell’NGF?

Sto proprio scrivendo un libro su questo argomento. Sappiamo
che è utile in tutte le forme di degenerazione senile: ad esempio, guarisce l’Alzheimer, tramite un trattamento endocerebrale.
E blocca la distruzione della cornea, qualunque sia la causa, virale o traumatica: io stessa mi curo con I’ngf ogni giorno.

A proposito di libri, come mai il primo che ha scritto si chiama Elogio dell’imperfezione?

Perché io considero l’imperfezione come la molla darwiniana
della selezione naturale. Ad esempio, gli insetti di seicento milioni di anni fa sono identici a quelli di oggi: erano già perfetti, e non c’era motivo che cambiassero. L’uomo invece era imperfetto, e questo ha dato la molla per il suo sviluppo e la sua evoluzione.

Non sembra essersi evoluto molto, se guardiamo a ciò che è successo nel Novecento.

Io parlavo delle qualità mentali, mentre lei parla delle qualità emotive: si tratta di due cose molto diverse, che derivano dai nostri due cervelli. Uno è il cervello cognitivo, neocorticale, che ci distingue dagli altri animali. L’altro è il cervello arcaico, paleocorticale, che è uguale a quello dei primati subumani o delle specie inferiori: dal punto di vista emozionale, l’uomo di oggi effettivamente non è diverso dall’uomo della giungla.

127

Dunque in quel campo non c’è stata evoluzione.

No, perché il sistema era perfetto: i centri paleocorticali sono quelli che ci mantengono in vita, anche se purtroppo sono anche quelli che ci portano alla Shoah. L’evoluzione ci potrebbe essere se la nostra parte cognitiva riuscisse a controllare quella emotiva e aggressiva, ma non ci riesce.

Ovvero, solo ciò che è imperfetto può essere perfezionato.

Sì, e non solo in campo biologico. Ad esempio, la bicicletta e l’automobile sono nate insieme, ma la bicicletta era perfetta, ed è rimasta quella di duecento anni fa. L’automobile invece era imperfetta, e la sua evoluzione ci ha portato alla stratosfera.

Quindi non bisogna crucciarsi di non essere perfetti.

Anzi! Bisogna essere contenti di non esserlo. Se si è perfetti, non c'è più niente da fare, ed è la fine.

Per perfezionarsi bisogna lavorare, però, e lei ha sempre lavorato moltissimo, credo.

Sì, e lavoro ancora oggi. Mi alzo alle sei della mattina e leggo, per quel che posso. Poi alle nove incomincio coi miei collaboratori: vado all'EBRi, YEuropean Brain Research Institute (Istituto Europeo per la Ricerca sul Cervello) di cui sono presidente, o alla mia Fondazione.

Quando è nata la Fondazione?

L'abbiamo fondata nel 1992, io e mia sorella Paola. Era rivolta ai giovani, i quali ormai ci battono sei a zero con l'informatica. Lei conosce la barzelletta del manager al quale la mattina si rompe il computer? Lui chiama l'assistenza per ripararlo, ma gli rispondono che il tecnico verrà solo alle quattro del pomeriggio: lo porta la mamma, appena esce da scuola...

E oggi qual è lo scopo della Fondazione?

È rivolta all'Africa: da giovane volevo andare a lavorare col dottor Schweitzer, e ora in questo modo realizzo il mio sogno. Ab-

biamo già dato cinquecento borse di studio alle giovani donne, dall'età prescolare a quella postuniversitaria.

Perché proprio le giovani donne africane?

L'Africa perché è in condizioni tragiche, e le donne perché vi sono state umiliate fisicamente e psichicamente: a lungo sono state battute, ma oggi finalmente si alzano. E io sto cercando di aiutarle a conquistare una leadership sociale, scientifica e tecnologica.

Lei parla come una vera femminista!

Sono femminista nel senso di voler ridare alle donne la dignità umana, e la capacità di utilizzare il cervello. Ma non nel senso del motto « l'utero è mio e lo gestisco io »: quella è una stupida frase, che non ha senso. Io credo che l'utero sia sì della donna, ma che il suo frutto sia anche dell'uomo che sta con lei.

A lei non è mai mancato non avere dei figli?

Tutt'altro! Io non ero fatta per queste cose. Da bambina ho sofferto, perché mio padre era una personalità notevole. In casa

mia tutto era in mano sua, e io mi chiedevo: « Ma la donna, che ci fa? » Così ho deciso che non mi sarei sposata, e non avrei avuto dei figli. Fin da quando avevo cinque o sei anni ho capito che non mi andava di vivere «in seconda» come mia madre.
Poi ho odiato le scuole « femminili » che ho fatto, perché insegnavano a essere mogli e madri, e io non volevo appunto essere né una né l’altra.

Non si è mai innamorata?

Da quel lato son donna al cento per cento, e mi sento molto femminile. Ma non era necessario sposarsi.

Quale differenza vede tra la visione maschile e femminile del mondo?

L’uomo ha creato la guerra. Alle discendenti di Eva spetta il compito, più arduo ma più costruttivo, di creare la pace.
Dio solo sa se ce la faranno: io non sono futurologa, e non ar-

rischio giudizi sul futuro, ma essere ottimisti è più valido che esser catastrofici in partenza. Bisogna assolutamente essere ottimisti, anche se dentro di noi magari non ci crediamo.

A proposito di credere, lei e religiosa?

Sono laica, ma credo profondamente nei valori. E i valori sono un fatto religioso, senza bisogno di andare alla sinagoga o in chiesa.

Ma crede in Dio?

Sono atea: non so cosa si intende per credere in Dio.

E**instein credeva nel Dio di Spinoza, cioè nella Natura.**

È anche il mio modo di vedere. Io sono sempre stata spinoziana: da piccola mi vantavo persino di essere sua parente, visto che il mio nome è Rita Benedetta.

Alla fine del suo lungo percorso, lei ha raggiunto la felicità?

Io sono serena. Felice no: di fronte all’enorme sofferenza nella quale naviga il mondo, chi può essere felice? Non avrebbe senso.

Cioè, si può esser felici solo se tutti lo sono?

È proprio la parola stessa, che io abolirei: di felicità non si può parlare.

Nemmeno nel futuro?

No, mai. L’uomo è portato all’imperfezione, e dunque all’infelicità. La serenità è il massimo che noi possiamo desiderare e sperare.

5)

MARSHALL NIRENBERG

Il 27 maggio 1961 Marshall Nirenberg e il suo studente Heinrich Matthaei tradussero la prima parola del codice genetico, scoprendo che il codone uuu dell’RNA codifica l’aminoacido fenilalanina. L’annuncio della scoperta, al Congresso Internazionale di Biochimica di Mosca tenutosi nell’agosto di quello stesso anno, tramutò Nirenberg in una celebrità da un giorno all’altro.

Ma la traduzione era appena cominciata, e ci vollero cinque anni per completare il dizionario che associa a ciascuno dei 64 codoni della lingua dell’RNA uno dei 20 aminoacidi della lingua delle proteine. La decodifica del codice genetico fu terminata nel 1966, e nel 1968 Nirenberg vinse il premio Nobel per la medicina con Robert Holley e Gobind Khorana, entrando a far parte del pantheon dei biologi molecolari.

Noi l’abbiamo incontrato a Lindau il 30 giugno 2005, in occasione dell’annuale incontro dei Nobel con gli studenti, per rivivere con lui gli esaltanti momenti della decifrazione del linguaggio della vita.

La doppia elica e il codice genetico sono i due più importanti risultati della biologia molecolare: come mai sono stati ottenuti da due ornitologi come Watson e lei?

Bella domanda! Per Watson non saprei, ma io effettivamente sono sempre stato interessato agli uccelli. Da bambino vivevo in Florida, che è un posto meraviglioso per osservarli. Andavamo sulla costa atlantica, in una capanna, apposta per vedere una specie di passero marino oggi estinta: per un bambino era un’esperienza meravigliosa e stimolante.

Non è ironico che, con tutto il suo amore per la natura, lei abbia poi scoperto il codice genetico lavorando con RNA sintetico?

Agli inizi incominciammo con rna naturale, in verità, ma poiché i risultati non erano definitivi, passammo a quello sintetico. L’idea principale fu di lavorare con un rna costituito da una sola lettera, il cosiddetto poly-U: facemmo venti diverse soluzioni, in

ciascuna delle quali uno solo dei venti aminoacidi era radioattivo, e trovammo per quale di essi poly-U funzionava come messaggero.

Perché lavoraste con la base U, invece che con una delle altre tre (C A G)?

Perché all’Istituto Nazionale della Sanità, dove stavo, c’era qualcuno che aveva sintetizzato il poly-U. Solo in seguito sono venuto a sapere che Severo Ochoa aveva già suggerito la stessa strategia: di provare a vedere se dell’RNA sintetico formato di una sola lettera sintetizzasse delle proteine. Qualcuno del suo laboratorio ci lavorò per un anno, ma non arrivò da nessuna parte perché lavorò con la A, invece che con la U.

E qual era il problema?

Che la proteina sintetizzata da poly-A non veniva precipitata dalle soluzioni che si usavano normalmente all’epoca. La nostra fortuna fu di aver scelto per caso un rna che funzionava.

Cosa successe al Congresso di Mosca del 1966?

Fu lì che incontrai per la prima volta Watson. Mi presentai e gli dissi di cosa avrei parlato, ma lui non credette al risultato. Mandò però un suo amico, Alfred Tissières, a sentirmi: c’erano solo una trentina di persone, tra cui una meravigliosa russa che faceva funzionare un enorme proiettore, alto come me. Tissières credette alla nostra dimostrazione, e in qualche modo Crick lo venne a sapere.

Non conosceva nemmeno lui, all’epoca?

No. Il mio primo incontro con Crick fu in un corridoio, quando mi annunciò che voleva che ripetessi la mia comunicazione nella sezione del congresso che lui presiedeva. Questa volta c’erano più di mille persone, e alla fine non solo mi applaudirono

fragorosamente, ma gente che non avevo mai visto venne ad abbracciarmi: fu un’esperienza straordinaria, e io non mi ero mai sentito così.

Cioè, come Champollion che decifra il primo cartiglio della stele di Rosetta?

Sì. Avrei voluto correre a casa e riprendere il lavoro, ma mi ero sposato proprio prima di partire per Mosca: mia moglie mi aspettava a Copenaghen per andare in viaggio di nozze, e benché avessi altro per la testa pensai che in fondo ci si sposa una volta sola, e il laboratorio poteva aspettare.

Il capitolo a lei dedicato in L’ottavo giorno della creazione di Horace Judson si intitola «Non era neppure membro del Club di Gamow»...

Oh, Gamow! È stato la persona più interessante che abbia mai incontrato: un orsone che beveva e fumava in continuazione, tenendo la sigaretta tra l’anulare e il mignolo. A pranzo poteva intrattenere da solo mezza dozzina di persone per ore, parlando sempre lui. Sa com’è diventato professore alla George Washington University?

No.

Era amico di Edward Teller, e negli anni ’20 avevano fatto un giro della Scandinavia insieme in moto. Quando offrirono una cattedra a Teller, lui accettò solo a patto che ne offrissero una anche a Gamow, così da essere sicuro che ci fosse qualcuno di interessante con cui parlare.

Com’erano le idee di Gamow sul codice genetico?

Lui stesso mi ha detto che una mattina andò a prendere la posta e trovò il numero di Nature in cui Watson e Crick annunciavano la scoperta della doppia elica. Lesse l’articolo appoggiato alla buca ed ebbe immediatamente l’idea che tre basi del dna corrispondessero a un aminoacido.

Quindi fu lui a scoprire per primo i codoni?

No, perché pensava che le triplette consistessero di due basi su un filamento dell’elica e di una sul filamento opposto. E poi credeva che ci fosse un passaggio diretto dal DNA alle proteine, senza intermediazione dell’RNA. In seguito scrisse un articolo per l’Accademia Nazionale delle Scienze sulla teoria del codice a triplette, e ne fece circolare delle copie. Ma il giorno stesso che ricevette le bozze da correggere, una delegazione di fisici andò da lui a chiedergli di ritirare l’articolo, dicendogli: « Sei un fisico, non sai niente di biologia e rischi di fare la figura del fesso». Allora lui mandò l’articolo all’Accademia delle Scienze Danese, dove fu pubblicato.

E poi fondò il Club della Cravatta.

Sì, venti membri associati ai venti aminoacidi, con tanto di fermacravatte: lui aveva ala, per « alanina ». Suo figlio mi ha raccontato che una volta a Las Vegas voleva incassare un assegno di 500 dollari, ma il direttore rifiutò perché non lo conosceva. Allora lui andò in libreria e comprò uno dei suoi libri, con la foto sulla copertina. La cosa stava per funzionare, ma il cassiere

si accorse che il fermacravatte non corrispondeva alle sue iniziali, e non ci fu niente da fare.

Mi sembra che le piacesse molto, da come ne parla.

Era meraviglioso. E i suoi libri anche.

Invece non parla nello stesso modo di Ochoa, che aveva già vinto un premio Nobel nel 1959 per la sintesi dell'RNA e cercò di vincerne un secondo per il codice genetico!

Lui era bravissimo, ma terribilmente competitivo: un po' come Watson. Durante la gara per la decifrazione del codice i nostri rapporti erano un po' tesi: una volta, ad esempio, mi trovai seduto vicino a lui in aereo, e ci mettemmo a leggere ciascuno per proprio conto, lui un romanzo e io Nature. Ma in seguito divenimmo amici, dopo che partecipammo entrambi a un convegno dell'Accademia Pontificia in Vaticano.

Negli anni '60 lei paragonò il codice genetico a un programma di

computer, che prende il dna come input e restituisce le proteine come output.

Mi piaceva molto l'idea che le cellule contengano robot autosufficienti, che sintetizzano proteine sulla base di qualunque programma venga loro fornito. Ma fin da subito misi in guardia sui pericoli di una programmazione umana del dna, dicendo che non bisognava farlo fino a quando non si fossero conosciute esattamente le conseguenze di ciò che si voleva fare.

E come si possono conoscere, senza provare?

Intendevo dire che bisognava essere molto cauti.

Ma nel suo discorso per il premio Nobel lei predisse: «L'uomo influenzerà la sua evoluzione biologica ».

Nel 1967 avevo fatto una predizione anche più accurata: che in 25 anni si sarebbe potuto usare il dna per programmare trasformazioni di cellule umane. Una predizione che, per caso, si è avverata alla lettera.

Col suo contributo?

No, perché io lasciai subito la biologia molecolare per la neurobiologia.

Perché ha scritto che gli anni della neurobiologia furono i più felici della sua vita?

Decifrare il codice genetico fu un’esperienza eccitante: tutto funzionava alla perfezione, e facevamo nuove scoperte ogni settimana. Ma io lavoravo a più non posso: praticamente, per cinque o sei anni ho scritto un lavoro ogni mese e mezzo. A un certo punto doveva finire, perché non avevo neppure più il tempo di aggiornarmi: mi sembrava di cavalcare una tigre. Così sono saltato giù dalla tigre, ho cambiato campo, ed è stata una vera liberazione: di colpo avevo il tempo di leggere e riflettere, o anche solo di dormire la mattina se avevo ancora sonno, o di andare al cinema e vivere una vita normale. Decifrare il codice è stata una grande felicità, ma dopo sono stato ancora più felice.

135

E quale sogno le e rimasto?

Di lavorare ancora a qualcosa di veramente importante.

Non c’è mai una fine?

No, perché è molto divertente ed eccitante, fino a che uno riesce a farlo. E ci sono meravigliosi problemi aperti in neurobiologia.

La coscienza, ad esempio?

Quello non è un problema al quale lavorerei. Preferirei, invece, concentrarmi sull’odorato, per la decifrazione del « codice olfattivo ».

Che sarebbe?

L’epitelio olfattivo ha miliardi di neuroni, ciascuno dei quali esprime a caso uno solo tra il migliaio dei possibili recettori olfattivi.
Ma i neuroni che esprimono uno stesso recettore convergono in un unico glomerulo, e hanno tutti lo stesso tipo di ramificazioni: si tratta di un vero e proprio codice che deve ancora essere decifrato, per capire come i vari neuroni convergono nei glomeruli, come formano le loro ramificazioni e quali sono i vari livelli di integrazione dei vari glomeruli. Alcuni meravigliosi risultati sono stati trovati da Axel, che ha vinto il premio Nobel nel 2004, ma molto rimane da capire: ecco il genere di problema sul quale mi piacerebbe lavorare.

E quale dei problemi sui quali invece ha lavorato ha avuto il maggiore impatto su di lei?

L’universalità del codice genetico. Naturalmente sapevo tutto dell’evoluzione, ma scoprire che i codici di varie specie (un batterio, una rana e un mammifero) erano identici fu una vera epifania: ora c’era la dimostrazione che abbiamo tutti un’origine

comune. Da allora, quando guardo fuori della finestra e vedo dell’erba, un albero o uno scoiattolo, sento che sono tutti legati a me, e che tutti usiamo lo stesso linguaggio biologico. Benché io non sia per nulla religioso nel senso convenzionale, direi che si tratta di una visione panteistica, che mi lega a tutte le forme di vita.

6)

RICHARD ROBERTS

Nel nucleo di ogni cellula di un organismo c’è una copia di una grande enciclopedia, chiamata genoma, che contiene il programma completo dell’organismo. Questa enciclopedia è scritta su una carta chiamata dna, ed è suddivisa in volumi chiamati cromosomi, che nell’uomo sono 23. Di ogni volume ci sono due copie identiche, salvo errori di stampa, e ciascuno contiene centinaia o migliaia di capitoli, chiamati geni. Ogni capitolo si compone di sezioni di storie, detti esoni, intervallati da annunci pubblicitari, chiamati introni, che nei batteri sono assenti, ma nell’uomo costituiscono la quasi totalità del capitolo. Prima della lettura dell’opera gli introni vengono eliminati e gli esoni incollati fra loro, in modo da poter essere letti sequenzialmente, in un processo chiamato splicing, « saldatura ».

L’esistenza di esoni e introni, così come il meccanismo dello splicing, sono stati indipendentemente scoperti nel 1967 da Richard Roberts e Philip Sharp, che hanno per questo ottenuto il premio Nobel per la medicina nel 1993. Abbiamo intervistato il primo il 23 dicembre 2003 nel suo laboratorio di Beverly, nel Massachusetts, per ripercorrere con lui le tappe del percorso che l’ha portato alla sua sensazionale scoperta.

E vero che da giovane le piacevano i detective?

Certo. Mia madre mi aveva comprato un libro intitolato Come sono diventato un detective, e io l’avevo trovato meraviglioso: mi era sembrato che tutto ciò che un detective fa è risolvere dei puzzle, ed era proprio quello che piaceva fare anche a me. Naturalmente, alla fine sono diventato anch’io una specie di detective...

Come?

Alle superiori mi piacevano molto la matematica pura, gli scac-

chi e tutto ciò che richiedeva una logica immediata. Poi ho studiato chimica, prendendo una laurea e un dottorato. Ma poiché

avevo ottenuto tutti i risultati che mi servivano per la tesi di dottorato già nel primo anno, ho avuto due anni per divertirmi intellettualmente. Leggendo e studiando, mi sono imbattuto nel libro di John Kendrew Il filo della vita, che descriveva gli inizi della biologia molecolare, e ho deciso di diventare un biologo molecolare.

E uno dei suoi maestri è stato niente meno che Sanger!

Sì. Jack Strominger, un grande esperto dei meccanismi della biosintesi delle pareti cellulari, mi aveva offerto un lavoro a Harvard, e mi aveva messo a studiare Prna di trasferimento che è coinvolto in quei processi. Poiché Sanger aveva da poco trovato il suo metodo per la sequenziazione dell'RNA, sono andato per qualche settimana a studiare con lui.

Come lo definirebbe?

Il mio eroe! Se dovessi scegliere a chi mi piacerebbe assomigliare, sarebbe lui. È veramente un uomo fantastico, e coniuga tutto ciò che ogni scienziato vorrebbe essere: meravigliosa abilità sperimentale, tremenda intuizione, grande creatività, ma anche un delizioso carattere e una grande modestia, nonostante il suo estremo talento.

E i suoi due premi Nobel.

E avrebbe potuto vincerne tre! Perché ha sviluppato i metodi per la sequenziazione delle proteine, dell'RNA e del dna, ma per l'rna non ha ottenuto nessun riconoscimento: secondo me quel lavoro valeva un terzo Nobel. Naturalmente è già raro che lo assegnino due volte, figuriamoci tre.

A lavorare con Watson, invece, come ci è finito?

Dopo che ritornai da Sanger il mio nome divenne noto, perché ero la prima persona a Boston a fare questo genere di sequenziazione. Un sacco di gente veniva nel mio laboratorio per imparare la tecnica, e Watson venne a sapere di me. Poiché stava

cercando qualcuno che facesse queste cose a Cold Spring Harbor, mi mandò a chiamare e mi assunse in cinque minuti.

Siete diventati amici?

Non direi. Anzi, abbiamo sempre avuto una relazione difficile, perché non vediamo la scienza allo stesso modo. Lui crede che l'unico modo per avere successo sia la competizione, e a me questo modo di fare non piace. Io credo invece che la scienza sia uno

sforzo collettivo, e che la collaborazione sia molto più fruttuosa della competizione.

Quindi sarà stato disgustato da La doppia elica.

Quel libro descrive bene la sua filosofìa, che si può sintetizzare in un motto: « Menti, inganna e ruba ». O anche: « Qualunque cosa, pur di arrivare al risultato ».

Parliamo ora della sua scoperta dello splicing.

Come spesso succede, è stata accidentale: un vero esempio di serendipità. Avevo assegnato a un mio post-doc, Richard Gelinas, il problema di caratterizzare una cosiddetta sequenza promotrice, alla quale I’rna messaggero si attacca per iniziare la trascrizione. Studiammo la cosa nelle fasi finali dell’infezione di una cellula umana da parte di un adenovirus (simile a un virus del raffreddore), perché in quel momento il virus inibisce tutta l’attività di trascrizione della cellula ospite, e produce soltanto il suo RNA, in gran quantità. E scoprimmo che la trascrizione iniziava sempre in un luogo che non era adiacente al corpo principale dell’RNA messaggero.

E questo che cosa voleva dire?

Noi interpretammo la cosa come una prova del fatto che I’rna messaggero era diviso in varie parti. Molti nostri colleghi erano scettici, e pensavano che ci fosse qualcosa di sbagliato nell’esperimento: noi lo ripetemmo in vari modi, ma ottenemmo sempre lo stesso risultato. Finché, un sabato mattina, mi venne in mente un esperimento cruciale, che entro il martedì successivo permise di ottenere un’immagine al microscopio elettronico,

dalla quale si vedeva chiaramente che l’rna messaggero era veramente diviso in varie parti (in quel caso, quattro).

E quanta gente fu coinvolta?

Richard Gelinas e io come biologi, Louise Chow e torn Broker come tecnici del microscopio elettronico. Noi preparammo i reagenti, e loro fecero l’esperimento.

Cosa pensa del fatto che, in seguito, Louise Chow si lamentò per non aver condiviso il premio Nobel?

Io credo che lei e Broker abbiano dato un contributo marginale, e puramente tecnico: non avevano idea di cosa succedesse nel nostro esperimento, e si limitarono a fare ciò che noi avevamo loro chiesto. C’era un’altra dozzina di persone alle quali avremmo potuto rivolgerci, e che avrebbero fatto la stessa cosa senza

problemi: magari non così in fretta, nel giro di un paio di giorni, ma questo non significa che il loro apporto sia stato cruciale.
Naturalmente, appena il risultato divenne noto si capì subito che era importante, e tutti cercarono di rivendicare il loro ruolo.

La strategia della natura che sta dietro allo splicing sembra la stessa che serve in informatica a spedire le e-mail: le si divide in « esoni » che seguono vie indipendenti, e poi alla fine si « ricombinano ».

È certamente un’analogia, ma non saprei dire se sia anche significativa.

Per curiosità, gli esoni dei vari geni sono ordinati sul genoma, gene per gene, o sono mescolati fra loro?

Ci sono esempi di rimescolamento, ma in generale i geni sono ordinati linearmente: basta togliere gli introni per ricostruirli.

E perché esiste lo splicing?

In parte a causa dell’evoluzione: agli inizi i geni erano probabilmente continui, o poco separati, ma sono poi stati invasi dagli introni. E questi sono sopravvissuti perché in qualche maniera sono risultati utili: ad esempio, perché la divisione permette di

costruire nuovi geni, per rimescolamento. Il repertorio genetico è dunque molto maggiore di quello che sarebbe senza suddivisioni.

Per fare ancora un paragone informatico, gli esoni sembrano le «subroutine» di un programma, che si possono trasportare in altri programmi.

Questa è una delle loro funzioni. Un’altra è la «variazione sul tema»: poche mutazioni su singoli esoni possono generare per rimescolamento un gran numero di geni, e di qui deriva in parte la diversità delle specie biologiche che oggi vediamo.

Si può calcolare precisamente quanti geni si possono ottenere a partire da un certo numero di esoni?

È difficile, perché i dati sono variabili. I geni non hanno un numero fisso di esoni: alcuni ne hanno solo uno, altri centinaia.

E ci sono esempi di set di esoni che producono geni in tutte le loro possibili combinazioni?

Questo no: solo alcune particolari combinazioni funzionano.

Cosa decide quali?

Ah, a saperlo! La natura seleziona ciò che funziona. Questo è uno dei problemi che gli informatici hanno con la natura: nelle loro simulazioni cercano un ordine, una logica, delle regole che possono programmare. E invece la natura non opera così: se trova qualcosa che può usare la prende, ma in maniera disordinata, e certamente non programmata a priori. Ad esempio, le cellule non sono altro che pezzi che si sono trovati insieme per caso, e che per caso hanno funzionato.

E questo uno dei motivi per cui lei non è religioso? Perché non vede nessun «Pianificatore»?

Esatto.

Quando si è accorto di non essere un credente?

In realtà, già i miei genitori non erano religiosi. Per un po’ mi

mandarono a messa la domenica, ma più che altro perché pensavano che questo fosse ciò che la gente doveva fare, non perché credevano in qualcosa. Verso i sedici o diciassette anni sono andato in chiesa per un po’, ho cercato di farmi coinvolgere, ma non mi sono mai convinto. Poi, con la maggiore età sono diventato agnostico, e qualche anno dopo ateo.

E quando ha deciso di dichiararsi un bright, « illuminato »?

Non ho mai tenuto nascosto il mio ateismo. Ma un giorno, a un convegno, ho sentito Daniel Dennett fare un intervento sui bright, poco dopo anch’io ho « confessato » pubblicamente di esserlo, scherzando sul fatto che non avrei certo voluto essere un dim, « fioco ».

E così è diventato un « ateo praticante ».

Praticante lo sono sempre stato. Forse ora sono un « ateo professante », e partecipo a discussioni in cui posso dichiarare il mio ateismo, ad esempio nelle scuole: i bambini vogliono sempre parlare di queste cose. Quando mi chiedono se credo in Dio, la mia risposta è che non ci credo perché non vedo nessuna ragione per crederci: e se non c’è evidenza, perché dovrei inventarmene una?

Lei pensa che religione e scienza possano coesistere?

Non vedo perché no. Non c’è ragione che si scontrino, visto che non hanno niente in comune: la religione inizia dove la scienza finisce.

E dove finisce la scienza? Ad esempio, può rispondere, positivamente o negativamente, a domande di natura teologica, quali l’origine dell’universo o della vita?

Oggi no, ma un giorno potrebbe. Nel frattempo, però, non trovo utile postulare un’ipotesi non provata, cioè Dio, per cercare di rispondere a quelle domande: dire « l’origine è Dio » è solo un modo diverso di dire « non sappiamo qual è l’origine ».

La scienza può rimpiazzare la religione, nel mondo moderno?

Perché mai si dovrebbe rimpiazzare la religione con qualcosa di diverso dalla sua assenza? La scienza è conoscenza, mentre la religione è soltanto un costrutto sociale che alcuni (in genere, i deboli) trovano utile, e altri (in genere, i potenti) sfruttano per i loro scopi.

7)

BENGT SAMUELSSON

Benché a volte il premio Nobel per la medicina abbia ricevuto la massima attenzione mediatica in occasione del conferimento a biologi o genetisti, la sua destinazione naturale è comunque per i medici che studiano direttamente disfunzioni o malattie come il colesterolo o il cancro, e farmaci o cure come la penicillina o le vitamine.

Uno di questi premi è andato nel 1982 a Sune Bergstròm, Bengt Samuelsson e John Vane per il loro lavoro sulle prostaglandine, che sono coinvolte in un gran numero di processi biochimici e vengono comunemente usate in ostetricia e ginecologia. In particolare, i tre hanno scoperto che ce ne sono di due tipi: uno con funzioni regolatorie, coinvolto nella difesa dell’organismo, e l’altro con effetti di attacco, che provoca allergie e infiammazioni.

Il 16 settembre 2004 abbiamo approfittato dell’apertura a Firenze della mostra itinerante della Fondazione Nobel sulla creatività per intervistare sull’argomento Samuelsson, che presenziava all’inaugurazione nella sua qualità di presidente della Fondazione, e che ci ha convocati per la mattina seguente con un laconico ma perentorio: « Colazione alle nove ».

Partiamo da Ulfvon Euler, scopritore delleprostaglandine: lei l’ha mai conosciuto?

Certamente. Era non soltanto un ottimo scienziato, ma anche un’ottima persona: un vero gentleman. Fece quasi tutta la sua carriera al Karolinska Institutet di Stoccolma, e ricordo che quando io vinsi il concorso da professore mi scrisse una gentilissima lettera di congratulazioni.

Come inizia la storia delle prostaglandine?

Von Euler ne scoprì l’azione, insieme all’inglese Maurice Gold-

blatt, negli anni ’30. Le chiamò così perché credette che fossero prodotte dalla ghiandola prostatica, il che poi è risultato falso: in realtà si formano dovunque nell’organismo. Von Euler fece i primi studi fisiologici della loro azione biologica, ma non andò molto avanti.

E per questo che vinse il premio Nobel per la medicina nel 1970?

No, lo prese per la scoperta dell’adrenalina e altre sostanze segnalatrici.
Ma fu lui a suggerire a Sune Bergstròm di studiare la chimica delle prostaglandine: von Euler era un fisiologo, e non conosceva molta chimica, benché suo padre Hans avesse vinto il premio Nobel per la chimica nel 1929!

E cosa fece Bergstròm?

Isolò le prostaglandine dalla ghiandola seminale delle pecore.

Non dell’uomo?

No, ma è comunque la stessa molecola. Era più facile prenderla dalle pecore, perché la loro ghiandola seminale ne produce parecchia. Io ho cominciato a lavorare con Bergstròm proprio in quel periodo, da studente di medicina, a metà degli anni ’50.

Fece la tesi sulle prostaglandine?

No, sul metabolismo del colesterolo, ma sempre con lui. Finita la tesi, nella quale avevo usato molta chimica, abbiamo cominciato a cercare la caratterizzazione delle prostaglandine, e in un paio d’anni avevamo scoperto la loro struttura.

Avete sempre lavorato insieme?

No. Dopo quegli inizi io sono andato un anno a Harvard da Elias Corey, che era un favoloso chimico organico, poi vincitore del

premio Nobel nel 1990. Avevo già un dottorato in biochimica, ma volevo approfondire le mie conoscenze di chimica pura: il mio lavoro è sempre stato un misto di chimica, biochimica e biologia molecolare.

Dimmi con chi vai, e ti dirò chi sei!

Be’, non c’era solo Corey. Ho anche interagito con Bob Woodward, altro premio Nobel per la chimica, ad esempio. Ed è stato molto utile: quando sono tornato in Svezia, siamo riusciti a capire la struttura ad albero delle prostaglandine grazie alla tecnologia che avevo imparato a usare a Harvard. E quando abbiamo avuto l’albero, che conteneva molti doppi legami, ci siamo improvvisamente accorti della relazione con gli acidi grassi non saturati, e del fatto che l’acido arachidonico è un precursore delle prostaglandine: così ho cercato di capire il meccanismo biochimico della loro formazione.

Fu allora che scopriste che cerano in realta due tipi di prostaglandine?

Ci sono voluti molti passi, il più importante dei quali fu l’isolamento di un intermediario nella formazione delle prostaglandine: un endoperossido molto instabile, di cui abbiamo analizzato gli effetti biologici, ad esempio sui muscoli della respirazione delle cavie. In particolare, studiando le placche sanguigne umane, abbiamo trovato che questa struttura aveva effetti molto diversi da quelli noti all’epoca: forzava l’aggregazione delle piastrine e la costrizione dei vasi arteriosi. Il problema era che questo composto risultava inattivo: scoprimmo che aveva una vita brevissima, venti secondi soltanto, e non riuscivamo mai a isolarlo. È quello che oggi chiamiamo trombossano A2, e ne abbiamo derivato la struttura in maniera indiretta.

Un bell’esempio di applicazione della logica in medicina! Si trattava dunque di un lavoro teorico, in origine?

Naturalmente. Ma molta gente non credeva alla struttura che avevamo derivato dagli esperimenti. Alcuni tra i migliori chimici organici, compreso Corey, provarono a lungo a sintetizzarla, ma inutilmente: ci vollero quindici anni prima che qualcuno ci riuscisse. Fu un risultato importante, perché mostrò che c’erano altre famiglie di prostaglandine. E poi si scoprì che si trattava proprio del composto che viene inibito dall’aspirina: il che spiega, ad esempio, il suo effetto nella prevenzione degli infarti.

Chi lo scoprì?

Il farmacologo inglese John Vane, che per questo ha preso il premio Nobel con Bergstròm e me. Riuscì a convincere l'industria per cui lavorava, la Wellcome, a sviluppare composti inibitori. Io gli mandai qualche endoperossido, lui lo sperimentò sulle arterie e notò che aveva esattamente l'effetto opposto a quello atteso! Questo portò alla scoperta della prostaciclina, che era ancora un altro prodotto derivato.

Con quali effetti pratici?

Ad esempio, lo sviluppo di aspirine a basso dosaggio per la prevenzione delle trombosi e degli infarti, che oggi sono usate da milioni di persone. Tra l'altro fu mia moglie, che è una neurologa, la prima a studiarne gli effetti. E ancora una volta nessuno voleva credere che « poco faceva più di tanto ». La ragione è che dagli endoperossidi si formano sia i trombossani, che sono aggreganti, sia le prostacicline, che sono antiaggreganti, e le seconde sono più sensibili agli effetti dell'aspirina: con dosi basse si bloccano gli antiaggreganti ma non gli aggreganti, mentre con dosi alte si bloccano entrambi, e non c'è nessun vantaggio.

E la cura per l'asma? La cosa mi incuriosisce perché, da bambino, ce l'avevo anch'io...

Quello fu un lavoro successivo: tra l'altro, proprio dopo il primo convegno internazionale sulle prostaglandine del 1975, qui a Firenze. Ci fu lo stesso tipo di cerimonia che abbiamo avuto ieri, per l'inaugurazione della mostra dei Nobel: Palazzo Vecchio, le fanfare, i costumi rinascimentali... C'era anche von Euler, tra parentesi. E nelle sessioni collaterali si discussero gli effetti degli steroidi sulla produzione di prostaglandine.

Sono gli stessi steroidi che usano gli atleti?

Più o meno: loro usano soprattutto testosterone, per i muscoli. Questi steroidi sono usati invece dagli asmatici, e anche loro inibiscono la formazione di prostaglandine. La conclusione fu che gli steroidi influenzano la produzione dell'acido arachi-

donico, che agisce sulla produzione delle prostaglandine. E nel viaggio di ritorno dal congresso ho pensato che se gli steroidi sono antinfìammatori molto più potenti dell'aspirina, forse il motivo è che inibiscono molti più composti. Al mio ritorno ho messo un mio studente canadese, Pierre Brochard, al lavoro sulle cellule infiammatorie per studiare le trasformazioni dell'acido arachidonico: e così scoprimmo i leucotrieni.

Avevate veramente trovato una miniera d’oro!

È così. Trovammo un sacco di sostanze molto interessanti e molto utili, e di nuovo ne studiammo i meccanismi biochimici.
È un po’ una caratteristica del nostro lavoro: la struttura chimica da un lato, e i meccanismi biochimici dall’altro. Anche qui scoprimmo un intermediario, il leucotriene A4, anch’esso instabile, che non si sarebbe mai trovato in laboratorio senza prima averlo immaginato nella testa. Di nuovo chiesi a Corey di sintetizzarlo, lui ne trovò vari isomeri, e insieme ne determinammo la stereochimica.

E questa volta, quali furono le applicazioni?

Successe una cosa molto interessante. Io conoscevo da tempo il reagente lento dell’anafìlassi, scoperto negli anni ’30, più o meno allo stesso tempo delle prostaglandine. La gente ci aveva lavorato per decenni, facendoci convegni annuali, e mi ricordo perfettamente il momento in cui capii che avevano qualcosa a che fare con l’intermediario che avevamo trovato: eravamo in vacanza nell’arcipelago svedese, andavamo in barca, e di colpo una domenica mattina mi venne l’idea della connessione.
Per caso avevo un assistente in laboratorio, Bob Murphy, che per anni aveva lavorato sul reagente lento dell’anafilassi, cercando di caratterizzarlo. Lavorammo a lungo e duramente sulle cavie, senza successo, finché ci concentrammo sulle cellule del muschio che lo produce, e alla fine capimmo che il reagente era formato dall’acido arachidonico: fu un grande momento, che ebbe un notevole impatto su quel campo di ricerca.

La mostra dei Nobel e appunto dedicata alla creatività...

Non so se la nostra fosse un’idea creativa, ma certo era una cosa nuova: la presentammo a un congresso del 1979 a Washington, e le case farmaceutiche ci saltarono immediatamente sopra.
Oggi il solo Singular della Murk statunitense ha un fatturato annuo di due miliardi di dollari!

Lei si e mai interessato, come Bergstrom, delle applicazioni delle prostaglandine alla ginecologia, dal parto all’aborto?

Solo marginalmente, negli anni ’70. Per un biennio ho partecipato a una task force per il controllo delle nascite dell’Organizzazione Mondiale della Sanità, e fra le varie cose ho passato un po’ di tempo in India.

Bergstrom aveva incarichi ufficiali, nell’oMS?

Sì. In seguito è stato presidente del Comitato di Consulenza sulla Ricerca Medica, e all’epoca dirigeva quella particolare task

force. Smise molto presto di fare ricerca: nel 1964, credo. Dapprima divenne preside della Facoltà di Medicina, e poi rettore del Karolinska Institutet. E si è sempre molto interessato ai problemi della salute nei paesi in via di sviluppo: qualcuno dice che avrebbe meritato un altro Nobel, per questo.

E lei ne ha seguito molte orme, in particolare come rettore del Karolinska e come presidente della Fondazione Nobel.

È vero, anche se non so perché: è semplicemente successo. Tra l’altro, Bergstrom è succeduto a von Euler, alla Fondazione Nobel. Invece tra me e Bergstrom c’è stato qualcun altro in mezzo.

Qual è il ruolo del presidente della Fondazione?

Una parte importante è l’amminstrazione del patrimonio, i cui interessi servono a pagare i premi. Durante la mia presidenza abbiamo poi iniziato le attività legate al Museo, tra le quali la mostra sui Nobel.

La presidenza è a vita?

No, si viene eletti da un comitato di una ventina di persone,

149

che rappresentano le diverse istituzioni che assegnano i premi: l’Accademia Svedese, per la letteratura; l’Accademia delle Scienze Svedese, per la fìsica, la chimica e l’economia; il Karolinska Institutet, per la medicina; e il Comitato Norvegese, per la pace.

E quale il suo coinvolgimento nell’assegnazione dei premi?

Come presidente della Fondazione, nessuno. Come membro del comitato Nobel del Karolinska, sono stato coinvolto nell’assegnazione del premio per la medicina, fino a quando non sono andato in pensione. E come membro dell’Accademia delle Scienze, sono tuttora coinvolto nell’approvazione dei premi per la fisica, la chimica e l’economia.

Ci sono mai stati problemi, nell’approvazione dei premi?

Naturalmente ci sono state molte discussioni, nel corso degli anni, ma capirà che non posso far nomi: siamo arrivati a un limite che non possiamo oltrepassare.

Bene, allora forse e il caso di non superarlo e di fermarci qui.

8)

HAMILTON SMITH

Se due parole della biologia molecolare sono arrivate all’uomo della strada, si tratta certamente di « clonazione » e « genoma». E se c’è una persona il cui lavoro ha giocato un ruolo fondamentale nella definizione della tecnica della clonazione da una parte, e nel sequenziamento del genoma dall’altra, questa è Hamilton Smith.

Per quanto riguarda la clonazione, Smith ha dato un contributo essenziale alla chiarificazione del funzionamento degli enzimi di restrizione, che sono le « forbici » che permettono di tagliare il dna. Per questo suo lavoro egli ha ottenuto il premio Nobel per la medicina del 1978, insieme a Werner Arber e Daniel Nathans.

Per quanto riguarda il sequenziamento del genoma, Smith è invece colui che ha fornito a Craig Venter il supporto teorico per il primo grande progetto: il sequenziamento completo del genoma di un batterio, YHaemophilus ìnfluenzae, che ha permesso di mettere a punto le tecniche poi usate nel sequenziamento del genoma umano.

Abbiamo intervistato questo pezzo da novanta (anzi, da uno e novantacinque) a Lindau il 27 giugno 2005, in occasione dell’annuale incontro dei Nobel con gli studenti, rimanendo contagiati dall’allegria e la non convenzionalità di un luminare che non disdegna di dichiarare: « Meglio un’intervista in giardino che una conferenza in aula».

E vero che a scuola le piaceva la matematica?

Sì. Alle superiori ho adorato la geometria euclidea, perché trovavo incredibile quel costruire un’intera teoria un teorema dietro l’altro, partendo da pochi concettini iniziali quali « punto » e « retta ». E all’università ho addirittura vinto un premio come studente coi migliori voti di matematica.

Come ha deciso di diventare medico, però?

Io non mi vedevo a fare altro che il matematico, ma purtroppo ho capito presto che non ero portato per la ricerca. Così ho chiesto consiglio a mio padre, e lui mi ha detto: «Perché non fai medicina, visto che un medico in famiglia è sempre utile? » Già mio nonno era medico, e senza la depressione lo sarebbe diventato anche mio padre: così invece lo divenni io.

Ma invece ha poi fatto il biologo molecolare.

Sì, perché dopo il servizio militare sono entrato all’università. E nel 1962, a un convegno a Cold Spring Harbor, ho sentito per la

prima volta parlare del meccanismo della restrizione e della modificazione.

Di cosa si tratta?

Di un duplice fenomeno, scoperto da Joe Bertani e Jean Weigle nel 1953. Da un lato, un virus che infetta sempre un particolare tipo di batterio riesce solo raramente a infettarne un altro simile. Dall'altro lato, se si coltiva un virus che è riuscito a infettare il secondo tipo di batterio, esso risulta in grado di infettarlo sempre. Poiché il virus originale è ristretto nella sua azione, e quello coltivato è stato in qualche modo modificato, Bertani e Weigle chiamarono i due fenomeni «restrizione» e «modificazione».

Come funziona il meccanismo?

Questo lo si capì solo in seguito, grazie a una duplice ipotesi di Werner Arber. Lui intuì che ci dovevano essere enzimi responsabili della restrizione, che funzionano tagliando il DNA in punti corrispondenti a specifiche sequenze di coppie di basi, dette « di riconoscimento ». E che ci dovevano essere enzimi responsabili della modificazione, che funzionano cambiando le sequenze di riconoscimento nel dna.

E lei come entra nella storia?

Per caso, come spesso succede. Un giorno lessi un articolo di

Matthew Meselson sull'argomento, e lo presentai in un seminario. Una settimana dopo io e un mio studente facemmo un esperimento sxAVHaemophilus influenzile, e ci accorgemmo che il batterio faceva esplodere un DNA invasore, ma non il proprio: fu lo studente a dire che, forse, si trattava del fenomeno che io avevo presentato al seminario. Io dissi che non ci credevo...

... e per questo fu lei a prendere il premio Nobel, invece che lui?

La storia è un po' più lunga. Quella stessa notte capii come avrei potuto individuare gli enzimi di restrizione coinvolti, se si trattava di loro, e il giorno dopo lo facemmo. Ma dopo un po' lo studente fu arruolato per andare in Vietnam e non prese parte a tutto il processo di verifica del meccanismo che Arber aveva postulato: altrimenti, avremmo effettivamente potuto condividere il premio.

Come mai le sequenze di riconoscimento sono sempre simmetriche?

Non lo sono sempre, ma la maggior parte delle volte sì. Credo sia per un motivo di economia: è possibile riconoscere una lunga sequenza, usandone solo metà.

E quanti tipi di enzimi di restrizione ci sono?

Alcune migliaia. Ma i siti di restrizione sono solo alcune centinaia: gli enzimi che riconoscono lo stesso sito fanno parte di una stessa famiglia, ma differiscono nella loro azione.

Li ha classificati lei?

No, lo specialista di queste cose è Richard Roberts. Io mi sono ritenuto soddisfatto di aver aperto un nuovo campo di ricerca, e sono passato a fare altro.

E ora cosa fa?

Dal 1997 lavoro con Craig Venter al TIGR, che si legge come tiger, « tigre », ma è un acronimo per The Institute for Genomic Research (L'Istituto per la Ricerca Genomica). E per quattro anni sono anche stato impiegato alla Celerà.

Come ha incontrato Venter?

Nella primavera del 1993 siamo stati entrambi invitati a un congresso multidisciplinare sui problemi etici sollevati dalla sequenziazione del genoma, a Bilbao. Craig si ritrovò nella mia stessa sessione, e quella sera mi invitò a cena: fu così che venni a sapere di TIGR, che lui aveva fondato da qualche mese con sua moglie. Mi chiese di far parte del Comitato Scientifico, e quando ricevetti un'offerta formale accettai.

Che cosa ha fatto con loro?

Alla prima riunione, in autunno, Craig annunciò che voleva perfezionare il metodo shotgun per la sequenziazione del genoma. Alzai una mano e dissi che se era interessato a sequenziale un vero genoma, io conoscevo bene il batterio Haemophilus influenzae, col quale avevo lavorato già dai tempi degli enzimi di restrizione: si trattava di un paio di migliaia di geni, per un totale di un paio di milioni di basi.

Cos'era già stato sequenziato, a quel tempo?

Solo alcuni piccoli virus, ma nessuna cellula! Lui fu subito interessato, e quando tornai al mio laboratorio annunciai che avevamo la possibilità di sequenziare il genoma del nostro batterio: ma la gente mi guardò come se fossi matto, e nessuno si dimostrò interessato.

Come mai?

Pensavano che avrebbe richiesto troppo lavoro, e prosciugato i finanziamenti per tutto il resto. Così, mentre tornavo al mio ufficio, decisi che l’avrei fatto da solo.

Quanto tempo richiese?

Cinque o sei mesi. Agli inizi credevo che avremmo usato il metodo convenzionale, ma presto mi resi conto che in quel modo non ci saremmo riusciti, e mi convertii anch’io al metodo shotgun: che non era nuovo, naturalmente, ma era stato fino ad al-

lora usato soltanto per piccoli tratti di dna e non per interi genomi.

Quali erano i problemi?

Si pensava che ci sarebbero stati troppi pezzi da ricomporre, e che non sarebbe stato possibile rimetterli insieme in maniera sensata. Naturalmente non si sarebbe potuto fare senza il computer: io stesso ho scritto uno dei primi programmi, che però funzionava solo per qualche centinaia di migliaia di basi, e poi cominciava a dare problemi. Poi Craig assunse dei veri informatici che riuscirono a scrivere i programmi necessari a riassemblare i pezzi.

Ma si era comunque ancora lontani dalle dimensioni del genoma umano.

Quello fu veramente un progetto di Craig, che per una decina d’anni è stato la forza propulsiva della sequenziazione: senza di lui, chissà quanto tempo avrebbe richiesto il Progetto Genoma!

Perché non ha ancora preso il premio Nobel?

Perché non piace a molta gente.

Come mai?

Diciamo, perché è uno stronzo {asshole)} Ma è un vero fenomeno, straordinariamente dotato.

Lei cosa pensa della brevettazione dei geni, che è uno dei motivi per cui la gente pensa male di Venter?

Non ho problemi coi brevetti prowisori, che congelino ad esempio per un anno i diritti su un gene che è stato appena trovato, nell’attesa che se ne scopra qualche uso immediato.

A proposito di etica, quando lei ha preso il premio Nobel con Arber e Nathans la televisione svedese riassunse le vostre ricerche dicendo che «hanno aperto la possibilità di donare esseri umani, programmare persone superdotate, produrre lavoratori in massa e creare criminali ».

Hanno fatto un po’ di confusione, perché credevano che noi avessimo messo a punto la clonazione. Invece il nostro lavoro fornì solo uno degli strumenti necessari: furono poi Herbert Boyer e Stanley Cohen a sviluppare (e brevettare) la tecnica del dna ricombinante, o del « taglia, copia e incolla » sui geni.

Dopo la sequenziazione del primo batterio, che progetto sta portando avanti?

Nel 1995, finito quel lavoro, Craig chiese: «Che facciamo, ora? » e io proposi il progetto dell’organismo minimale. L’idea è di prendere come modello il Mycoplasma genitalium, che coi suoi 517 geni è la forma di vita col più piccolo genoma conosciuto, e di costruirne una versione senza il centinaio di geni che dovrebbero essere non necessari. Così stiamo sintetizzando i circa 400 geni che sembrano necessari, e poi li metteremo insieme.

Non si possono togliere direttamente quelli non necessari dall’organismo già esistente?

Si può spegnere un gene mettendogli un transposone con un marker antibiotico, poi se ne può spegnere un altro con un altro marker antibiotico, e così via. Ma gli antibiotici soliti, come l’ampicillina o la penicillina, agiscono sulle pareti cellulari, e non si possono usare su un organismo senza pareti come il Mycoplasma genitalium. Si possono usare gli antibiotici che interferiscono con la sintesi delle proteine, ma ce ne sono solo tre o quattro: troppo pochi, visto che i geni da eliminare sono un centinaio.

Ma non esistono già in natura organismi minimali, che non contengono geni non necessari?

Sì, ce ne sono: ad esempio, il virus <pX 174, che è già stato sintetizzato in laboratorio negli anni ’70 da Arthur Kornberg. Ma si tratta appunto di virus, e non di organismi cellulari come nel nostro progetto.

In che senso si parla di organismo minimale, però? La necessità o meno di un gene non dipende dall’ambiente circostante?

Certo, si parla di minimalità rispetto a un ambiente fissato. Nel nostro caso si tratta di un ambiente artificiale di laboratorio, perché un batterio minimale che dovesse funzionare in un ambiente naturale avrebbe bisogno di molti più geni.

Sembra un problema di natura matematica, analogo ad esempio alla costruzione di un automa finito col minimo numero di stati.

È un problema simile, effettivamente. E non ci sarà una risposta unica né per il tipo di geni coinvolti né per il loro numero: tutto dipende dalle funzioni che si vogliono ottenere, e dall'ambiente in cui devono essere ottenute. Per questo si parla di organismo « minimale », e non « minimo ».

E tutto questo a cosa servirà?

Il problema è di natura teoretica: vogliamo studiare la vita nelle forme più semplici possibili, così da poter capire che cosa i singoli organismi aggiungono alle funzioni di base. L'obiettivo finale è di poter progettare nuove cellule artificiali, in grado di compiere a comando compiti che vengono loro assegnati. In altre parole, per ora ci siamo limitati a leggere il codice genetico, ma è giunto il momento di riscriverlo!

Finora però c'è stato un unico autore: non ci sono pericoli nel voler giocare a fare Dio?

Se pensa alla possibilità di poter fare brutte cose, sarebbe difficile competere in questo con la natura: ad esempio, a noi non verrebbe mai in mente di costruire qualcosa come l'antrace. Queste cose le lasciamo fare a Dio: se gli piace giocare a fare l'assassino, è un problema suo. Noi cercheremo di fare soltanto cose buone.

9)

CRAIG VENTER

Nel marzo 1986, in un articolo su Science, Renato Dulbecco formalizzò un'idea che aveva proposto informalmente l'anno prima a Cold Spring Harbor: sequenziare il genoma umano, determinando la sequenza completa delle basi del dna. Dopo un iniziale scetticismo, nel 1987 fu istituita una commissione di studio che nel febbraio 1988 pubblicò un rapporto di fattibilità che prevedeva quindici anni di lavoro e tre miliardi di dollari di spesa.

L'Istituto Nazionale della Sanità degli Stati Uniti fondò allora un Centro per la Ricerca sul Genoma Umano, diretto dapprima da James Watson e poi da Francis Collins, che coordinò una ricerca

internazionale in cui parti diverse del genoma furono sequenziate da nazioni diverse (Stati Uniti, Inghilterra, Francia, Germania e Giappone).

Nel 1998 al consorzio pubblico si affiancò, nella corsa alla sequenziazione, anche la compagnia privata Celerà guidata da Craig Venter: un controverso scienziato-manager, che intendeva usare un altrettanto controverso metodo detto shotgun, « mitragliatrice », per completare l’opera in due soli anni e con poche centinaia di milioni di dollari.

La gara si concluse in parità il 26 giugno 2000, quando Collins e Venter annunciarono insieme dalla Casa Bianca il completamento della prima bozza del genoma umano, e il presidente Clinton dichiarò: « Oggi apprendiamo il linguaggio col quale Dio creò la vita ». Per questa loro impresa Collins e Venter non hanno ancora preso il premio Nobel, ma hanno già ottenuto un onore altrettanto ambito: finire sulla copertina di Time.

Abbiamo intervistato Venter il 31 ottobre 2005 a Genova, in occasione del Festival della Scienza.

E vero che lei ha combattuto in Vietnam negli anni ’60?

158

Sì. Ci sono stato 365 giorni, compiendo là i miei 21 anni. Mi arruolarono perché, essendo stato bocciato, avevo lasciato la scuola per dedicarmi al surf: mi presero direttamente dalla tavola e mi spedirono in un’infermeria da campo.

La guerra ha cambiato la sua vita?

Completamente. D’altronde, ha mai incontrato qualcuno che, andato in guerra, non ne sia stato cambiato? Dovevo curare centinaia di pazienti al giorno, e capii che la conoscenza era potere: se non l’avevi, la gente soffriva o moriva senza motivo. Quindi mi misi a studiare furiosamente per cercare di imparare tutto quello che potevo.

E stato in caserma che ha sviluppato la sua avversione per le imprese pubbliche?

Effettivamente, mi hanno mandato due volte in isolamento.

Perché?

Quando fece il suo servizio di copertina, Time intervistò il medico che mi comandava in Vietnam, e lui ricordò che gli avevo suggerito di fare qualcosa che era anatomicamente impossibile.

E lei cosa fece di possibile, invece, quando tornò a casa?

Andai finalmente all’università: presi la laurea in biochimica in tre anni, e il dottorato in fisiologia in altri tre, stabilendo un record di velocità.

Lei è un tipo competitivo, vero?

In generale, sì.

E in particolare anche, visto che ho letto che cercò di ottenere brevetti fin dal 1984.

No, questo non è vero! Non creda alla stampa europea, che non fa altro che distorcere le informazioni.

Quella americana no?

Oh, quella è ancora peggio. Comunque, nel 1984 isolai il pri-

mo recettore di neurotrasmettitori del cervello, ed ebbi l’idea per il metodo est (expressed sequence tags, « etichette di sequenze espresse »), che rivoluzionò da un giorno all’altro la scoperta dei geni nel mondo.

Si può dire in due parole cos’è? Studiare sob gli esoni?

Più o meno: si tratta di prendere l’rna messaggero dai tessuti, tradurlo in dna complementare e sequenziarlo.

Senza preoccuparsi delle parti non codificanti?

Senza preoccuparsi di niente: era un metodo di selezione completamente casuale. Il risultato fu che nel 1991 si conoscevano 2000 geni umani, e nel 1992 in un solo articolo su Nature io ne ho raddoppiato il numero. Ancora oggi Test è il metodo di scoperta di geni più diffuso.

E lei non lo brevettò, dunque.

Io non volevo assolutamente, e infatti lo mandai a Science perché lo pubblicassero. Ma il direttore dell’Istituto Nazionale di Sanità, per il quale lavoravo, lo venne a sapere: fu lui a obbligarmi a chiedere il brevetto. Questa storia è stata usata come arma per screditare efficacemente me e il mio lavoro.

A qual fine?

Watson e altri erano molto preoccupati, perché avevano giustificato al Congresso il Progetto Genoma come un metodo per la

scoperta dei geni. E ora si preoccupavano che l’arrivo di una nuova tecnica superveloce finisse per interferire coi loro finanziamenti.

Come arrivò a fondare tigr, l’Istituto per la Ricerca Genomica, nel 1992?

Stavo cercando di estendere il metodo EST, e la situazione era diventata molto politica: Watson aveva avuto dei problemi e si era dimesso dal Progetto Genoma, ma aveva ormai creato una gran controversia sui brevetti. Ironicamente, però, gli imprenditori erano entrati in fermento e incominciarono a farmi of-

ferte di finanziamenti privati, benché io fossi contrario all’idea. Uno mi offrì cinque milioni di dollari per diventare il presidente della sua compagnia, in un periodo in cui avevo 2000 dollari in banca!

E lei non accettò?

No, perché non volevo soldi per me, ma per la ricerca. E a forza di rifiutare offerte sempre più cospicue mi sono trovato con 70 milioni di dollari per far partire tigr: una specie di paradosso, perché si trattava di un istituto non a fini di lucro, ma finanziato con capitali di investimento! Per me è stata una decisione importante, perché avevo un lavoro statale fisso e un laboratorio con molti milioni di dollari di finanziamento, che lasciai per lanciarmi in questa impresa.

Per fare che cosa?

Per ampliare il lavoro suII’est umano. Esaminammo ogni tessuto importante del corpo, e già nel 1995 potei scrivere un articolo di 180 pagine che copriva metà dei geni umani. Occupò un intero numero speciale di Nature, cosa che non era mai successa. Dovetti aspettare un anno e mezzo, però, e quando l’articolo apparve fu preceduto da un editoriale in cui si denunciava che il ritardo era dovuto alle minacce che la rivista aveva ricevuto per un intero anno da Watson.

Perché?

La pubblicazione degli articoli è uno dei due modi principali attraverso i quali si esercita un controllo sulla scienza, insieme alla concessione di finanziamenti. E poiché io avevo ormai i miei finanziatori privati, cercarono di bloccare la pubblicazione dei miei articoli. Ma bisogna dar credito a Nature per non essersi piegata.

A proposito di tigr, una delle persone che vi lavorano e che ho intervistato è Hamilton Smith.

Le ha detto quali furono le prime parole che mi rivolse, quando ci conoscemmo in Spagna?

No.

Venne da me dopo la mia conferenza e mi domandò: « Dove sono le sue corna? » Perché per la comunità ormai ero diventato il diavolo! Poi andammo a cena con due signore, madre e figlia: lui piaceva alla madre e io alla figlia, e flirtammo per tutta la sera con loro.

A parte questo, cosa avete fatto insieme?

Lui propose di sequenziare il batterio Haemophilus influenzae, col quale aveva fatto i lavori sugli enzimi di restrizione che l'avevano portato al Nobel. C'era bisogno di un nuovo metodo matematico per ricombinare l'enorme numero di pezzi di dna necessari, e lui aveva il background necessario. Arruolammo degli informatici che scrivessero nuovi algoritmi, visto che quelli disponibili allora riuscivano a maneggiare solo un migliaio di pezzi, e Smith andò avanti e indietro dalla Johns Hopkins, dove nessuno del suo laboratorio credeva alla scommessa.

E così nel 1995 sequenziaste il primo genoma.

In realtà, eravamo partiti solo per testare lo shotgun. Ma funzionò così bene che riuscimmo a sequenziare l'intero genoma.

Ma quel metodo non era stato inventato da Sanger?

No, lui fece la digestione degli enzimi di restrizione di un paio di fagi. Fu una cosa straordinaria, intendiamoci, ma non c'era niente che si poteva estrarne per sequenziare XHaemophilus: il problema era matematico, e richiedeva un uso massiccio del computer. È la stessa differenza che corre fra la stampa e gli amanuensi: i monaci erano certamente dei prototipi della stampante, ma facevano tutto a mano e ci volevano anni di lavoro, esattamente come ai tempi di Sanger. Chi dice che lui ha inventato il metodo, lo fa per i soliti motivi politici di denigrazione nei miei confronti.

Lei ha parlato di matematica: intende solo l'informatica o c'è dell'altro?

No, è matematica vera. D’altronde, un programma non fa niente da solo: non è altro che un’implementazione di un algoritmo! Noi dovevamo anzitutto digitalizzare l’intero DNA, e poi fare allineamenti delle sequenze, calcolare le percentuali di allineamento, appaiare e confrontare tutto con tutto, base per base, già per l’Haemophilus. Per il genoma umano arrivammo a scrivere mezzo milione di righe di codice in sei mesi, per cinque grandi programmi.

Se i due progetti erano uno l’estensione dell’altro, perché non usò tigr per sequenziare anche il genoma umano, e fondò invece la Celerà nel 1998?

Fu una questione di soldi, e da dove arrivavano. Il governo rifiutò di finanziare il mio progetto, e Mike Hunkapiller della Perkin Elmer, una compagnia che vendeva sequenziatori automatici, mi offrì 300 milioni di dollari: ma la condizione era di non farlo a TIGR, bensì di aprire una nuova compagnia. Agli inizi volevamo stabilirla in un nuovo edificio nel complesso di TIGR, ma il progetto crebbe così rapidamente che dovemmo andare altrove: alla fine ci lavorarono 1000 persone, anche se il costo fu solo un terzo dello stanziamento originario. E ci vollero solo nove mesi!

Con una competizione tra pubblico e privato.

Così fu, anche se non era nelle intenzioni. È straordinario che nel 1995, alla fine dell’articolo sul sequenziamento del genoma dell’Haemophilus, io avessi già scritto che lo shotgun sarebbe stato il metodo per sequenziare il genoma umano: nessuno ci credette, allora, nemmeno Smith.

La critica maggiore che vi fecero era che non sareste riusciti a rimettere tutto insieme, mi sembra.

La critica maggiore fu che c’era un’infrastruttura burocratica statale che lo faceva diversamente, e che la nuova idea era mia.

Perché chiamarono il vostro progetto Mad Magazine, «La rivista dei matti »?

Fu Francis Collins a farlo, ma il problema sta nel modo con cui si assegnano i finanziamenti. È un po’ come in quei programmi televisivi, in cui i concorrenti votano chi fra loro deve uscire dal gioco: non sono i bravi a far uscire gli scarsi, ma viceversa, perché bisogna eliminare i più forti, quelli che potrebbero vincere.
E anche nella scienza è un po’ cosi: se io voglio evitare che qualcuno sia finanziato devo screditarlo, e minare la sua credibilità.
E l’affermazione di Collins era appunto questo, un tentativo di

renderci ridicoli.

Ha avuto problemi ad andare con lui da Clinton?

No, non mi ha dato nessun fastidio condividere gli onori. Time mi chiese, ad esempio, se volevo essere solo sulla copertina, o se accettavo che ci fosse anche Collins: lasciarono la scelta a me.

Non le passò per la mente di proporre che ci fosse solo lui?

Posso essere generoso, ma non sono stupido.

L'avventura con la Celerà non finì bene, però, visto che nel 2002 la lincenziarono.

Dipende. In fondo, qual era il mio obiettivo? Sequenziare il genoma, e l'ho fatto. Mi sembra finita ottimamente, da questo punto di vista. Naturalmente poteva anche andare meglio, ma già così va bene. Anzi, temevo che non sarei nemmeno riuscito a restare abbastanza a lungo da finire il progetto.

Perché?

Perché avevo continue battaglie campali con gli amministratori.

E qual e il suo obiettivo con il Sorcerer II, «Stregone II», la barca con cui sta girando gli oceani?

Anzitutto, navigare. Ho già avuto un'altra barca, il Sorcerer I, con la quale ho vinto nel 1997 la mia prima gara transatlantica, da New York a Lizard, in Cornovaglia, battendo il record che era stato stabilito nel 1905! Allora si chiamava la Coppa del Kaiser, e in palio c'era un trofeo che per un po' si credette fosse

d'oro massiccio, anche se poi si scoprì che era solo placcato. Oggi si chiama Sfida Rolex.

E dal punto di vista scientifico?

Usare la stessa tecnica che ho già adottato per sequenziare i genomi, per sequenziare gli oceani e fare il catalogo dei geni dell'intero globo.

Ha già scoperto qualcosa di interessante?

Uno dei princìpi fondamentali della vita, e non ce ne sono molti.

E quale sarebbe?

Che ogni genoma ha un’unica soluzione matematica. Si possono anche grattugiare genomi diversi e mescolarli, ma il nostro programma riesce alla fine a separarli.

Come procedete con la barca?

Ogni 200 miglia preleviamo 200 litri di acqua di mare, la filtriamo e sequenziamo il tutto. Ogni volta troviamo un 85 per cento di geni che esistono solo lì e da nessun’altra parte. Si tratta, a ogni prelievo, di 40.000 nuove specie e di 1,3 milioni di nuovi geni: solo nelle Galapagos ne abbiamo trovati 5 milioni! E in un solo articolo ho raddoppiato il numero di geni esistenti in tutte le banche dati pubbliche del mondo. Se vuole dettagli aggiornati sui risultati delle spedizioni guardi nel sito www.sorcerer2expedition.com, che ha come motto una frase di Kahlil Gibran: «In una goccia d’acqua si trovano i segreti degli oceani».

Quanto andrà avanti il progetto?

Ho finanziamenti per altri cinque anni.

Nel frattempo però ha già fondato un’altra nuova compagnia, la Synthetic genomics.

Sì, con Smith e altre due persone. E il suo obiettivo è il più interessante di tutti: creare vita sintetica, una nuova specie completamente programmata al computer.

Cosa sperate dì riuscire a fare?

Chi lo sa? Nel film Forrest Gump c’è un adesivo per parafanghi che dice: Shit happens, « la merda accade ». Io ci metterei invece: Life happens, « la vita accade ». Questo dovrebbe essere il Secondo Principio della Biologia: che la vita accade spontaneamente, dovunque ci siano le componenti giuste.

E così che è successo agli inizi?

Sì, e non una volta sola: io non credo ci sia stata un’unica origine della vita. Un unico codice genetico sì, perché quello è determinato dai composti che occorrono in natura, ma anch’esso è accaduto spontaneamente.

Dunque userete quello, per la vita sintetica?

Sì, anche se i dettagli si possono cambiare. Ad esempio, qualcuno ha proposto di usare quadruplette invece che triplette, e forse è quello che faremo: così saremo sicuri che la vita sintetica non potrà interagire con quella naturale, e non ci saranno rischi dal punto di vista ambientale.

Ora capisco perché ha scelto quel nome per le sue barche.

10)

JAMES WATSON*

Il7 marzo 1953 James Watson e Francis Crick completarono il modello a doppia elica della struttura del dna, che oggi è un’icona della nostra era. Il 25 aprile 1953 la rivista Nature pubblicò il loro resoconto della scoperta, che si concludeva con una frase memorabile: « Non è sfuggito alla nostra attenzione che lo specifico accoppiamento che abbiamo postulato suggerisce immediatamente un possibile meccanismo di copiatura del materiale genetico ». Il 10 dicembre 1962 Watson e Crick ricevettero il premio Nobel per la medicina insieme a Maurice Wilkins, che aveva pubblicato sullo stesso numero di Nature un resoconto degli esperimenti a raggi X che confermavano il loro lavoro teorico.

Questa, in estrema sintesi, la storia di una delle scoperte più famose e importanti del Novecento, quella del segreto della vita, i cui romanzeschi retroscena sono stati rivelati da Watson stesso nel bestseller La doppia elica (Garzanti, 1968), che è stato il libro scientifico più letto del Novecento. Oltre ai successi scientifici e letterari, che includono il recente Dna (Adelphi, 2004), il curriculum di Watson enumera una passione per l’ornitologia, una laurea e un dottorato in zoologia, la direzione del Progetto Genoma e la presidenza del laboratorio di Cold Spring Harbor, nel quale l’abbiamo intervistato il 7 ottobre 2002.

Lei si è laureato con Salvador Luria. Che cosa ricorda di lui?

Era molto brillante, ed è stato molto gentile con me. Gli piacevo, e mi ha stimolato e incoraggiato.

* Questa intervista è già apparsa nel volume Il matematico impertinente, edito da Longanesi nel 2005.

Una volta lei ha detto che Luria era sempre pronto a «salvarla». Da cosa?

Ogni tanto mi capitava di offendere qualcuno, e lui poi spiegava che non avevo ancora imparato le buone maniere perché ero troppo giovane.

All’epoca lei divideva l’ufficio con Renato Dulbecco.

Sì. Siamo arrivati entrambi nell’autunno del 1947, e siamo stati insieme per due anni. Era un gran lavoratore, molto gentile. Molto simile a Luria, stesso tipo di intelligenza.

Dulbecco mi ha detto che lei sospettava già da studente che il dna contenesse il materiale genetico.

In realtà si sospettava già da un paio d’anni che il dna fosse ciò che trasformava i batteri. Col passare del tempo io ho gravitato decisamente verso il dna, mentre Luria non riusciva a decidersi perché era più interessato agli aspetti matematici che alla chimica. A quei tempi si pensava che la fisica fosse più profonda della chimica.

Di Max Delbrù’ck, che era appunto un fisico, che ricorda?

L’ho conosciuto nell’estate del 1948. Era molto carismatico, e credeva che il segreto della biologia stesse in nuove leggi fisiche non ancora scoperte. Che la verità, cioè, sarebbe uscita da una nuova fisica.

Non lo diceva anche Schròdinger, in Che cos’è la vita?

Schròdinger ripeteva quello che aveva letto nell’articolo di Del briick del 1935. Anche lui non era molto interessato alla chimica: voleva passare dalla fisica alla biologia direttamente, ma le cose non sono andate così. Il passaggio è indiretto: la biologia deriva dalla chimica, e questa dalla fisica. La fisica esistente era sufficiente, e non c’era bisogno di scoprire nuove leggi.

Quindi, nonostante le apparenze, le idee di Delbrù’ck e Schròdiniger non ebbero un gran successo?

168 .

Credo che Delbriick pensasse che i fisici avrebbero giocato un ruolo importante come fisici, non soltanto come persone intelligenti.
In parte lo giocarono, ma più che altro perché la cristallografia era radicata più nei Dipartimenti di Fisica che in quelli di Chimica. Non c’era ancora stata una transizione, e io stesso finii al laboratorio di Cavendish.

Nel suo libro Il computer e il cervello, scritto nel 1948, von Neumann congetturava che la struttura logica del meccanismo del DNA fosse la stessa che Godei aveva usato per la dimostrazione del suo famoso teorema. Lei e Crick conoscevate questo lavoro?

Io non lo conoscevo, e non ne abbiamo mai parlato. Se Francis l’aveva letto, avrà concluso che non era rilevante.

Ha letto in seguito il bestseller Gödel, Escher, Bach di Hofstadter, in cui il parallelo è descritto in dettaglio?

No.

Cinquantanni dopo, che ruolo pensa abbiano giocato gli individui nella scoperta della doppia elica? Non era ormai matura, nel senso che senza di voi qualcun altro l'avrebbe scoperta?

Linus Pauling poteva certamente trovarla, anche senza vedere i dati dei raggi Xdel King's College. Avrebbe dovuto dedurla dai principi generali presenti nei lavori dell'epoca.

E come mai non lo fece?

Perché non lesse quei lavori.

Lei aveva solo venticinque anni, quando scoprì la doppia elica.

Ventiquattro, a dire il vero.

Ancora peggio. Che succede quando si raggiunge un successo così grande così presto?

Ho acquistato la sicurezza di poter lavorare a problemi difficili. E ottenuto un buon lavoro. Ma non credo di essere cambiato. Io credo che si nasca con una certa personalità, con un certo livello di curiosità e ottimismo. Credo che se anche avessi fal-

lito scientificamente, avrei mantenuto più o meno la stessa personalità.

Scherzando, lei ha detto che sperava di ottenere un secondo premio Nobel per la letteratura con La doppia elica.

Quella era una bella storia, c'era qualcosa da raccontare: sapevo che, se fossi riuscito a scriverla, sarebbe stato un buon libro. E avevo una bella storia anche per il mio libro di testo, Biologia molecolare del gene, che è stato un gran successo. Se vuole un consiglio, bisogna trovare una bella storia prima di scrivere un libro.

E anche fare una bella scoperta! Venendo ad anni più recenti, è stato Dulbecco a proporre il Progetto Genoma.

Lo fece qui, a Cold Spring Harbor, alla cerimonia di apertura di un laboratorio sul cancro.

Lei cosa ne pensò, all'epoca?

Non ci avevo pensato prima, e mi sembrò prematuro. Pensavo che bisognasse incominciare a sequenziare il genoma dei batteri. Sarebbe stato mille volte più facile, ma non c’erano i soldi per farlo: arrivarono soltanto con il progetto per il genoma umano.

Lei ha diretto il Progetto per quattro anni. Pensava che ci sarebbe voluto così poco tempo per completarlo?

Ci sono voluti quindici anni!

Appunto, non e molto tempo da un punto dì vista scientifico.

L’unico problema era avere abbastanza soldi.

Che ne pensa del ruolo che ha avuto l’industria privata?

Qualcuno pensava addirittura di farlo fare completamente da industrie private. Ma noi pensammo che i dati sul genoma dovevano essere di pubblico dominio, che non ci dovesse essere un monopolio su informazioni così importanti. E non l’abbia-

mo concesso alla Celerà, che ora ha abbandonato la sequenziazione e fa soldi solo sul mercato azionario.

Qual è la sua opinione sulla brevettazione dei geni?

Io credo che si dovrebbe poter brevettare solo un particolare utilizzo di un gene, non il gene stesso. E che i brevetti sui geni dovrebbero essere di pubblico dominio, in modo che chiunque possa usarli. Invece siamo in un gran pasticcio.

E la stessa risposta che mi ha dato Dulbecco.

Perché noi siamo biologi. Se lei chiedesse a degli avvocati, ne otterrebbe una contraria.

Cosa rimane da fare infuturo, dopo la sequenziazione del genoma umano?

Si è fatto il topo. Poi verranno lo scimpanzè, il cane, e tutta una serie di specie. Il costo è sceso di un fattore dieci, e scenderà ancora. Il progetto del cane dovrebbe costare « solo » cento milioni di dollari.

E dopo i vari genomi?

Si può prendere un batterio, e dire: queste sono le sue parti, ma come funzionano insieme? Si tratta di un progetto quasi fattibile, benché sia molto complicato.

E poi?

Si dovrà fare una mappa dei geni, che dica di ciascun gene dove, come e quando funziona. Dovremo sapere quali geni sono necessari per una certa funzione, ad esempio per pensare. Sono progetti molto grandi e difficili, ma saranno fatti.

Si parlava prima del ruolo della fisica nella biologia di cinquantanni fa. Quale scienza ne ha oggi preso il posto?

Il biologo ordinario non sa come l'informazione può essere ricevuta, processata e memorizzata: questi non sono problemi di fisica, ma di informatica o di matematica. Anche se non sap-

171

piamo ancora chi riuscirà veramente a cogliere l'essenza del cervello.

Per finire, che problemi etici solleva oggi la biologia? Sto pensando, naturalmente, alle cellule staminali e alla clonazione.

Chi non è religioso non ha molti problemi, e io non lo sono. Non penso in termini di offese alle leggi naturali, che credo siano un prodotto dell'evoluzione. Mi considero molto fortunato a essere senza Dio, così non ho da pensare a certe cose. L'unico problema è se vogliamo o no migliorare la qualità della vita, senza far del male a chi ci sta attorno.

E sempre stato ateo?

Dalla prima adolescenza. Mio padre non era credente, e mia madre era una cattolica irlandese. Io ho fatto la comunione e la cresima, ma subito dopo me ne sono andato. Non mi è mai piaciuta l'alleanza della Chiesa cattolica col fascismo. E nemmeno il papa.

Neppure Giovanni Paolo II, che qualche apertura alla scienza l'ha pur fatta?

A me sembra che abbiano tutti la stessa gran confusione in testa.

Parte 3
Chimici

1)

PAUL CRUTZEN

Paul Crutzen è stato il primo, e per ora l’unico, meteorologo a vincere un premio Nobel: per la chimica, nel 1995, per gli studi dell’ozono atmosferico e dei suoi effetti climatici. Oggi questi studi sono sulla bocca di tutti grazie a espressioni quali il buco d’ozono, prodotto nella stratosfera dalle bombolette spray, dai frigoriferi e dai condizionatori. O l’effètto serra, prodotto nella troposfera dalle combustioni industriali e dai gas di scarico automobilistici.
O Vinverno nucleare, prodotto nell’atmosfera dalla guerra atomica o dall’impatto di un meteorite di grandi dimensioni, come quello che ha provocato la moria dei dinosauri una sessantina di milioni di anni fa.

Scoperti gli effetti, Crutzen è diventato un avvocato del contenimento delle loro cause, e ha stimolato la nascita di una sorta di « etica scientifica » basata non su opinioni ideologiche, ma su fatti biologici e teorie logiche. L’abbiamo intervistato a Lindau il 30 giugno 2005, in occasione dell’annuale incontro dei Nobel con gli studenti, sugli argomenti del suo recente manifesto Benvenuti nell’Antropocene (Mondadori, 2005).

Come è diventato un meteorologo?

È stato un percorso lungo, benché fin da bambino abbia sognato di diventare uno scienziato. Gli inizi sono stati tortuosi perché, non avendo avuto grandi voti alle medie, ho cominciato facendo il geometra. Mi sono specializzato nella costruzione dei ponti, che comunque era una cosa che mi affascinava, e mi sono impiegato al Comune di Amsterdam: una città che, naturalmente, di ponti ne richiede parecchi. Dopo un po’, però, mi sono sposato con una finlandese e ci siamo stabiliti in Svezia.

Come mai?

Mi sono sempre piaciuti Ì paesi nordici, forse perché pratico gli sport invernali: specialmente sci e pattinaggio. Un giorno in Svezia ho visto un bando di concorso per un posto da programmatore al Dipartimento di Meteorologia dell’Università di Stoccolma, e ho fatto domanda. Non sapevo programmare, a dire il vero, ma in qualche modo ho vinto il concorso: qualche anno fa il direttore mi disse che, semplicemente, aveva avuto la sensazione che fossi il migliore dei candidati, e che non si era pentito della scelta.

Che genere di programmi faceva?

Modelli per la previsione del tempo, in linguaggio macchina e usando l’analisi numerica.

E nel frattempo studiava?

Sì. Ma poiché di giorno lavoravo, e non potevo fare laboratori, mi sono concentrato su materie teoriche e ho preso un master in matematica. Per il dottorato, invece, volevo qualcosa di più pratico, e visto che lavoravo già in quel dipartimento, ho scelto meteorologia. Ma ormai mi ero abituato all'esattezza della matematica, e mi ci è voluto un po' di tempo per adattarmi all'alcatorietà del tempo atmosferico.

Come sono nati i suoi studi sull'ozono?

Per caso, perché verso il 1964 venne all'Istituto un visitatore, e io dovetti scrivergli un programma per calcolare la distribuzione dell'ozono nell'atmosfera. La cosa mi affascinò e lessi tutta la letteratura sulla chimica dell'ozono, che all'epoca non era molta.

Che background aveva in chimica?

Nessuno, praticamente. Ma non ce ne voleva molto, perché per spiegare il comportamento dell'ozono nella stratosfera proposto da Sidney Chapman negli anni '30, bastavano due reazioni!
Io mi accorsi che però non erano sufficienti, e proposi una spiegazione diversa in quattro reazioni.

177

L'ha deciso teoricamente, che non erano sufficienti, o aveva dei dati?

Mi ero rivolto ai migliori laboratori di analisi, e i dati mostravano una percentuale reale di ozono nell'atmosfera più bassa di quella teorica. Allora dedussi che dovevano esserci altre reazioni coinvolte, e immaginai che fossero basate sugli ossidi d'azoto {NO e NO2). In seguito si vide che, effettivamente, queste reazioni giocano un ruolo importante, e sono in larga parte responsabili dell'ozono esistente nell'atmosfera.

Ma l'ozono ha effetti differenti, a seconda che stia nelle parti alte dell'atmosfera o in quelle basse. Lei da dove è partito?

Ho cominciato con la chimica stratosferica, quella degli strati alti. Agli inizi le mie non erano che speculazioni teoriche, ma nel giro di qualche anno sono state confermate dalle misure dell'acido nitrico nell'atmosfera.

E quando sono cominciati i suoi scontri con l'industria?

In realtà io ero interessato agli aspetti scientifici della questione, più che a quelli ecologici, ma nel 1971 vidi un rapporto sull'ossido di azoto prodotto dagli aerei supersonici che ne sottovalutava gli effetti. La cosa capitava a puntino, e

mostrai che i voli supersonici producono un impoverimento dell’ozono: cosa di cui si era accorto anche Harold Johnston, un ricercatore californiano.

Quale fu il risultato?

I voli supersonici furono abbandonati, ma le preoccupazioni ecologiste giocarono soltanto un piccolo ruolo: il motivo principale fu che non si rivelarono né economicamente vantaggiosi né tecnicamente sicuri. Oggi solo gli aerei militari volano a velocità supersoniche, e ovviamente non si hanno dati per sapere quali siano i loro effetti. Certo è difficile pensare che l’aviazione costruisca i suoi aerei preoccupandosi dell’ecologia.

Cos’altro può distruggere l’azoto stratosferico, e provocare un buco d’ozono?

178

Ci sono i clorofluorocarburi usati negli spray e nei frigoriferi, ma il protocollo di Montreal del 1987 li ha praticamente eliminati. È poi c’è il gas esilarante, che è un ossido d’azoto (N_2O) prodotto in maniera sia naturale che antropogenica, ad esempio dai fertilizzanti: una volta se ne usavano in quantità esagerata, ma anche ora si potrebbe fare molto meglio, cioè molto meno.

Dunque, la natura e l’uomo sono coalizzati nel far guai?

La natura non esiste, o almeno non esiste più: io ero partito per studiarla, ma col tempo mi sono accorto che ormai dovunque c’è lo zampino dell’uomo. Per questo ho coniato la parola « antropocene » per indicare l’era in cui viviamo, in cui più che essere la natura a determinare il destino degli uomini, è l’uomo a determinare il destino della natura.

Finora abbiamo parlato dei problemi della stratosfera. Quelli della troposfera da dove derivano, invece?

Il problema della troposfera è opposto a quello della stratosfera: qui è l’eccesso di ozono a fare danni, perché produce un effetto serra e un riscaldamento globale. Ora, io ho dimostrato nel 1972 che si produce ozono nella troposfera quando ci sono un catalizzatore come l’ossido d’azoto, e un combustibile naturale come il metano (prodotto dai bovini) o il monossido di carbonio (prodotto dalle auto).

E cosa dobbiamo fare, allora, per ovviare al problema?

È ovvio: mangiare meno carne e usare meno auto. O, più in generale, mangiare e viaggiare di meno. Purtroppo, è una vera tragedia che la natura ci abbia regalato il combustibile così a

buon prezzo: senza di esso avremmo dovuto sviluppare l’energia solare, che avrebbe provocato meno danni.

Ma il combustibile naturale finirà presto.

Non così presto. Anzitutto, c’è ancora una grande abbondanza di carbone. E poi ci sono giacimenti di petrolio pesante, di sabbie petrolifere e di scisti petroliferi che per ora non sono eco-

179

nomicamente sfruttabili, ma che lo diventeranno in tempi di scarsità energetica.

Le sue scoperte sembrerebbero confermare l’ipotesi Gaia, della Terra come un gigantesco organismo. Mi sembra invece che questa ipotesi non le piaccia: perché?

Perché non vedo a cosa serva. Naturalmente, so benissimo che la biologia ha molto a che fare con la composizione dell’atmosfera, ma trovo troppo ottimistica l’idea centrale di Gaia, che il sistema sia in grado di ripararsi da solo: a me sembra esattamente il contrario.

E cosa pensa del romanzo antiecologista di Michael Crichton Stato di paura (Garzanti, 2005), che oppone opinioni letterarie ai fatti scientifici che lei e venuto enumerando?

Il libro ce l’ho, ma non l’ho letto: non fosse altro, perché è troppo lungo. Ma il vero problema è che, da un lato, ci sono molti che parlano di cose che non conoscono e non capiscono, e che spesso sono anche un po’ matti. E, dall’altro lato, ci sono altrettanti che fanno disinformazione cosciente per confondere le acque. Così alla fine il pubblico non si raccapezza più, e l’industria può continuare a fare i propri interessi.

Ci sono però anche obiezioni scientifiche.

Quelle sono un’altra cosa. Perché anche quando i fatti non sono messi in discussione, dal buco d’ozono all’effetto serra, possono variare le loro interpretazioni. E poi ci sono le incertezze intrinseche legate a un fenomeno così complesso come il clima: ad esempio, la valutazione dell’incremento medio della temperatura alla fine del XXI secolo va da 1,4 a 5,8 gradi.

E quali saranno le conseguenze?

Anzitutto, quei valori vanno aggiunti al grado di cui è già aumentata la temperatura media mondiale: anche il valore minimale, dunque, porterebbe a un aumento di 2,4 gradi. E già in questo caso gli effetti potrebbero essere disastrosi: scioglimento graduale dei ghiacci polari, aumento del livello del mare di set-

te metri, inabissamento delle città costiere... E il problema è che, una volta innescato, il meccanismo non si può fermare, perché ci vuole un’enormità di tempo a ripulire l’atmosfera.

Lei è ottimista?

Sono molto pessimista, perché non mi sembra si stia facendo molto! Ma non così pessimista da voler smettere di diffondere il messaggio che corriamo dei rischi, e che qualcosa deve assolutamente essere fatto.

2)

CARL DJERASSI

Se oggi milioni di donne non devono più scommettere al gioco d’azzardo della « roulette vaticana » per decidere se avere figli, e possono invece affidarsi alla scienza deterministica della pillola anticoncezionale, lo devono anzitutto al chimico Cari Djerassi: un austriaco di origini bulgare emigrato negli Stati Uniti, che sintetizzò in Messico il 15 ottobre 1951 il primo contraccettivo orale. Da quel momento il sesso fu ufficialmente svincolato dalla procreazione e le donne cessarono di essere animali da riproduzione, come ancor oggi i Ratzinger e i Buttiglione vorrebbero che fossero.

Dopo una lunga carriera da chimico, che l’ha portato fra l’altro a scoprire uno dei primi antistaminici e a pubblicare milleduecento articoli e sette monografìe, Djerassi ha da tempo intrapreso un’altrettanto benemerita attività divulgativa, da lui stesso definita «fantasia sulla scienza» per distinguerla dalla fantascienza: un tipo di invenzione letteraria, cioè, costruita su una base scientifica veritiera e accurata. Dei suoi cinque romanzi e quattro lavori teatrali, sono stati finora tradotti in italiano Il dilemma di Cantor (2003) e Operazione Bourbaki (2005), entrambi dall’editore Di Renzo.

Abbiamo intervistato questo spumeggiante ottantenne il 6 novembre 2004 a Genova, in occasione del Festival della Scienza, per ripercorrere insieme le tappe salienti di una doppia carriera che lui stesso ha raccontato in La pillola, gli scimpanzè pigmei e il cavallo di Degas (Garzanti, 1994) e Dalla pillola alla pen-na (Di Renzo, 2004).

Per cominciare dalla pillola, come separerebbe i suoi contributi da quelli di Gregory Pincus?

Non c'è bisogno di separarli, visto che sono venuti uno dopo l'altro. La gente parla sempre del padre della pillola, ma non si

chiede mai chi sia la madre: che, dal mio punto di vista, è appunto il chimico. Perché niente può accadere fino a quando non c'è una sostanza chimica, che va prima inventata e poi sintetizzata: solo a quel punto può entrare in scena il biologo con i test. È come se i chimici fornissero l'uovo da fertilizzare, e i biologi lo sperma: per questo parlo dei chimici come delle madri delle sostanze, e dei biologi come dei padri. Naturalmente ci vuole anche un'ostetrica, che è il medico che fa gli esperimenti clinici sugli umani, dopo che i biologi li hanno fatti sugli animali, dopo che i chimici hanno fornito la sostanza.

E di nonni della pillola, ce ne sono?

Ce n'è uno, completamente ignorato dalla maggior parte della gente: è un austriaco di nome Ludwig Haberlandt, che già negli anni '20 suggerì l'idea di un anticoncezionale orale a base di progesterone, l'ormone femminile. Che però non era noto a quei tempi: si sapeva solo che c'era una sostanza nella placenta e nel corpo luteo che costituisce l'anticoncezionale della natura perché impedisce una nuova gravidanza nel periodo in cui una donna è incinta.

Questo è dunque uno dei molti casi in cui un farmaco è già presente nell'organismo?

Non direi che i casi sono molti, benché ce ne siano altri (adrenalina, cortisone, testosterone), ma questo è certamente uno. Il metodo di Haberlandt, però, non poteva funzionare, perché si scoprì poi che il progesterone non è attivo per via orale. Quando fu isolato non fu dunque usato come contraccettivo, ma come farmaco per la regolazione del ciclo, oltre che per il trattamento dell'infertilità: oltre a quella di impedire l'ovulazione durante la gravidanza, una delle sue funzioni è infatti la stimolazione dell'ambiente favorevole nell'utero. Un terzo uso fu il trattamento di certe forme di cancro della cervice.

E voi come aggiraste il problema, alla Syntex messicana?

Cercammo di sintetizzare un nuovo composto artificiale che

avesse la stessa attività biologica del progesterone, ma che si potesse assumere oralmente.

Modificaste la struttura del progesterone o ne inventaste una completamente nuova?

In un certo senso, entrambe le cose. Il nostro composto era nuovo, perché artificiale e non esistente in natura. Ma era uno steroide, e in quel senso apparteneva alla stessa famiglia del progesterone. Anche se, in realtà, assomigliava più al testosterone, che è l'ormone sessuale maschile: gli aggiungeva delle sostanze che da un lato lo rendevano oralmente attivo e dall'altro lo trasformavano in qualcosa di simile al progesterone.

E Pincus, quando entrò in scena?

Quando gli mandammo questo composto da testare. Naturalmente lui non riconobbe mai l'apporto dei chimici, e nemmeno dei suoi predecessori in biologia: a partire da Haberlandt, di cui non fece che seguire il programma. Questa è una delle cose che non mi sono mai piaciute di lui.

Quando fu approvata la prima pillola?

Nel 1957 come trattamento dei disordini mestruali e dell'infertilità, e tre anni dopo come contraccettivo. Negli Stati Uniti, naturalmente, perché in paesi come l'Italia e la Spagna la si è contrabbandata per decenni soltanto come regolatore del ciclo.

Ahi, serva Italia (del Vaticano)...

Il vostro è un paese molto interessante: ha il minimo tasso di procreazione in Europa, e uno dei più bassi al mondo, ma continua a considerare in teoria un peccato la separazione del sesso e della riproduzione, che ha però messo in pratica da tempo immemorabile. Perché non mi si verrà a dire che, dopo il primo o il secondo figlio, i genitori italiani smettono di fare sesso!

Il punto della Chiesa, però, è che non si devono usare mezzi artificiali per la contraccezione.

Col bel risultato che la più alta percentuale di aborti clandestini si ha nei paesi cattolici dell'America Latina.

Nel titolo della sua autobiografia, dopo lapilbla vengono gli scimpanzè pigmei. A cosa si riferiscono?

Al lavoro che ho fatto in Africa per un paio di decenni, negli anni '60 e '70. Ho anche fondato un istituto a Nairobi, chiamato Centro Internazionale per l'Insettofisiologia e l'Ecologia.
È per questa mia area di ricerca, dedicata al controllo degli insetti come alternativa ai pesticidi, che Bush padre mi ha dato la Medaglia Nazionale della Tecnologia.

Controllo, nel senso di modificazioni genetiche degli insetti?

Di modificazioni chimiche, dello stesso tipo degli anticoncezionali usati per gli umani: una specie di controllo delle nascite degli insetti. Un capitolo della mia autobiografìa si intitola appunto « Come convincere uno scarafaggio a prendere la pillola ». Quanto agli scimpanzè pigmei, li ho studiati quand’ero in Zaire, perché sono il modello biologico di riproduzione più interessante per la limitazione delle nascite: in fondo sono i nostri parenti più prossimi, la specie con la quale condividiamo il maggior numero di geni.

E che cos’è il cavallo di Degas, che costituisce la terza parte del titolo della sua autobiografia?

Era un bronzo che ho comprato a un’asta di Sotheby’s, e l’ho usato come metafora per il mio interesse artistico. Perché sono stato un appassionato collezionista di opere d’arte: ho ancora centocinquanta opere di Paul Klee, mentre il resto della mia collezione l’ho venduto per finanziare la mia Fondazione per gli Artisti.

Veniamo infine alla sua attività letteraria. Alcuni dei suoi romanzi richiamano personaggi matematici fin dal titolo, come Il dilemma di Cantor o Operazione Bourbaki: questo significa che lei ha un interesse particolare per la matematica?

Per la matematica no, ma per la sua sociologia sì. Ad esempio,

per il fatto che i matematici in genere lavorano da soli, diversamente dagli scienziati. E mentre gli scienziati non usano mai pseudonimi, i matematici, che dovrebbero essere più egocentrici degli scienziati, hanno inventato Bourbaki. Il mio romanzo tratta appunto del fenomeno dell’egocentrismo degli scienziati, e del riconoscimento del nome.

Però oggi nessuno pubblica anonimamente, a parte i giornalisti dell’’Economist’.

Non è vero, si sbaglia! George Orwell, ad esempio, era lo pseudonimo di Eric Blair.

Ma una volta che uno ha usato uno pseudonimo, quello diventa il suo nome da scrittore.

Il punto è che gli scienziati non lo fanno, forse perché soffrono per la loro dispensabilità: nella scienza, se uno non arriva a una scoperta, ci arriva qualcun altro. Quando il momento è maturo, le scoperte sono nell’aria, e per questo ci sono le attribuzioni multiple: ad esempio, i premi Nobel scientifici sono regolarmente

divisi fra più persone, mentre non lo è quasi mai quello per la letteratura.*

Che cosa l’ha affascinato, di Bourbaki?

Ad esempio, i dettagli dell’origine del nome, che credo la maggior parte dei matematici non conosca. Si tratta del cognome adottato dalla famiglia greca Skordylis, che combattè contro i turchi e ricevette da loro il soprannome di « Bour Baki », cioè « Uomo Duro » o « Guerriero ». Uno degli Skordylis partecipò alla campagna d’Egitto, e Napoleone lo ricompensò accogliendone il figlio in Francia come studente: quello fu il padre del generale che diede il nome ai Bourbaki matematici. Un generale, tra l’altro, di completo insuccesso, perché perse la guerra e dovette scappare a Ginevra. E questo è parte del divertimento:

* Lo è stato soltanto nel 1904 (Frederic Mistral e José Echegaray y Eizaguirre), 1917 (Karl Gjellerup e Henrik Pontoppidan), 1966 (Shmuel Agnon e Nelly Sachs) e 1974 (Eyvind Johnson e Harry Martinson).

dei matematici francesi, che adottarono lo pseudonimo, ma anche del mio, che ho usato il nome originale Skordylis per uno dei personaggi del mio romanzo.

E come vi interviene, invece, Bourbaki?

Perché un biologo molecolare crea un nuovo gruppo sullo stile di quello matematico, che poi scopre la pcr (Polymerase Chain Reaction).

Che in realtà fu scoperta da Kary Mullis, e gli valse il premio Nobel per la chimica nel 1993. Il romanzo è basato su di lui?

No, no, no! È come io avrei voluto che Mullis fosse. Tra l’altro, anche in questo caso la scoperta della PCR è dovuta a tre persone (Henry Erlich e David Gelfand, oltre a Mullis): quando mi consultarono per l’assegnazione del premio Nobel io li ho proposti tutti e tre, anche se poi loro l’hanno dato solo a Mullis.
Credo sia stato uno scandalo.

Come successo?

È difficile da capire. Ma credo che poi se ne siano pentiti amaramente, perché uno come lui non da certo credito all’istituzione.

A me sembra che, benché si spinga un po’ al di là dei confini prestabiliti, si basi su analisi perfettamente razionali. Semplicemente, non accetta il sapere comune solo perché è comune.

Io ho intitolato « Sta scherzando, Mr. Mullis! » la mia recensione al suo libro, in cui racconta ogni genere di assurdità, compreso un incontro con gli alieni. A me sembra un matto, e il vero problema è che non ha mai fatto nient'altro, prima o dopo la PCR. Quella è stata un'idea geniale, anche se avuta sotto l'influsso della marijuana (che, in quel caso, poteva anche essere di stimolo), e non c'è nessun dubbio che valesse un Nobel.
Ma non sarebbe nemmeno stata pubblicata, se gli altri due non avessero trovato le applicazioni e un modo per farla funzionare.

187

Mullis è stato «la madre», in questo caso?

Forse la madre illegittima: rimasta incinta, ma senza sapere di chi e perché. E il bambino è stato immediatamente adottato dalla madre legittima. Il premio sarebbe dovuto andare anche alla madre adottiva e al padre putativo: non solo alla ragazza madre, che ancor oggi non sa chi è il vero padre.

Nel suo terzo romanzo, Il seme di Menachem, lei parla del Movimento Pugwash.

Volevo descrivere, questa volta, il fenomeno culturale per il quale gli scienziati a volte si trovano coinvolti in una situazione geopolitica nella quale possono avere un'influenza maggiore dei diplomatici.

Lei è stato membro del Pugwash?

Sì, per vent'anni. E nel 1977 ero a una conferenza nei sobborghi di Vienna, dove ci fu il primo incontro non ufficiale, e molto movimentato, fra gli israeliani e i palestinesi. Ho descritto l'intero episodio nel libro, che ho dedicato a un membro della delegazione israeliana, Shalheveth Freier, che era il capo della Commissione Israeliana per l'Energia Atomica. Il delegato russo era invece Evgenij Primakov, che poi divenne ministro degli Esteri e primo ministro dell'Unione Sovietica. Durante il periodo in cui non c'erano relazioni diplomatiche tra l'Unione Sovietica e Israele, furono appunto scienziati come Freier e Primakov a mantenere i contatti fra i due paesi.

Lei ha fatto attività politica, negli Stati Uniti?

Negli anni '70 ho fatto campagna a favore di McGovern, e quando nel 1973, in pieno scandalo Watergate, fu resa pubblica la lista dei nomi dei « nemici della Casa Bianca », c'era anche il mio: l'ironia volle che due settimane prima Nixon mi avesse personalmente consegnato la Medaglia Nazionale della Scienza, e il giornale di San Francisco fece un pezzo intitolato « Nixon

conferisce una medaglia a un suo nemico ». Così va la vita, a volte.

3)

MANFRED EIGEN

La determinazione delle velocità a cui avvengono le reazioni è un problema talmente centrale per la chimica, che i primi premi Nobel furono assegnati per ricerche a esso collegate: precisamente, a van't Hoff nel 1901 e a Svante Arrhenius nel 1903.
Il culmine delle ricerche nel campo fu lo sviluppo di metodi basati sull'interferenza sonora da parte di Manfred Eigen, e di interferenza luminosa da parte di Ronald Norrish e George Porter, che valsero loro il premio Nobel nel 1967.

In seguito Eigen si è dedicato allo studio dell'origine della vita, elaborando una complessa teoria che ha esposto in maniera divulgativa in Il gioco (Adelphi, 1986) e Gradini verso la vita (Adelphi, 1992).

L'abbiamo intervistato a Lindau il 29 giugno 2005, in occasione dell'annuale incontro dei Nobel con gli studenti, dopo aver vinto la sua riluttanza a rinunciare a una conferenza che avrebbe voluto seguire: a dimostrazione del fatto che, vinto un premio Nobel, si possono mantenere la voglia e l'umiltà di continuare a imparare.

Come ha cominciato a interessarsi al problema delle reazioni veloci?

Molto presto, quando avevo circa diciott'anni. Ricordo che lessi in Chimica fisica di Arnold Eucken, che all'epoca era la Bibbia per noi studenti, che c'erano reazioni tanto veloci da non poter essere misurate. Ma, essendo giovane, non potevo credere che ci fosse qualcosa che non si può misurare: così cominciai a pensarci, ma sul momento sembrava che le cose stessero proprio così.

Eucken era il suo professore?

Sì, ho fatto il dottorato con lui. Ma sulle cose che interessavano

a lui, non su quelle che interessavano a me! In particolare, su misure di precisione del calore specifico dell'acqua pesante. Ricordo che costruii un enorme calorimetro adiabatico, e quando arrivò il momento della prima misura bisognava decidere a che temperatura lavorare: Eucken pensava che si potesse facilmente arrivare a 200 gradi, mentre il suo assistente voleva limitarsi a

150. Così io scelsi salomonicamente 175 gradi, ma poco prima di raggiungerli l’intero apparecchio esplose. Eucken era furioso, e quando gli ricordai che lui aveva proposto di arrivare a 200 gradi mi rispose urlando: « Sì, ma non la prima volta! »

E la licenziò?

No. Lo lasciai raffreddare, ma quando gli dissi che avrei costruito un nuovo calorimetro lui urlò di nuovo: « Il problema non è il calorimetro, è l’acqua pesante! » Perché nel 1948 non se ne produceva più in Germania, e quello era l’ultimo quantitativo che avevamo a disposizione. Ma io gli rivelai che era salvo: non avevo certo fatto il mio primo esperimento con l’acqua pesante! Da allora mi lasciò fare cosa volevo.

Cioè lo studio delle reazioni veloci?

Indirettamente. Perché per fare le mie misure di precisione avevo usato interferenze sonore, e alcuni colleghi della Marina mi dissero che c’era un problema aperto relativo all’assorbimento del suono da parte dell’acqua di mare: si era visto che presentava due massimi, uno a un megaciclo e l’altro a cento, e nessuno capiva perché. Cominciai a studiare l’assorbimento in acqua pura, e vidi che era molto basso. Poi studiai l’acqua salata, ma l’assorbimento era ancora più basso. Allora mi venne in mente che l’acqua del mare è amara, oltre che salata, perché contiene solfato di magnesio: lì trovai esattamente i due massimi, dovuti rispettivamente al magnesio e allo zolfo. Ma per capire bene la faccenda dovetti sviluppare una teoria delle reazioni accoppiate, che mi fece diventare famoso in America.

In che senso?

Negli ambienti militari. Perché questo genere di fenomeno è

legato al funzionamento del sonar, che naturalmente è di importanza capitale per localizzare i sottomarini nel mare. Ma a quel punto mi tornò in mente la questione delle « reazioni tanto veloci da non poter essere misurate », perché quello era un metodo per misurarle! Infatti, un megaciclo è dell’ordine di 10~6 o 10~7 secondi, e 100 megacicli sono dell’ordine di 10~8 o 10~9 secondi: in altre parole, ero riuscito a misurare reazioni estremamente veloci!

E si spinse anche oltre?

Certo, sviluppai tutto un programma di variazioni del mio metodo, e nel giro di un anno ero in grado di fare ogni sorta di misure. Nel 1954 ci fu il congresso di Birmingham, dove Norrish e Porter presentarono un metodo diverso dal mio, a interferenza luminosa, e

proposero di chiamare le loro reazioni «estremamente veloci», per distinguerle da quelle che Hartridge e Roughton chiamavano negli anni ’20 « molto veloci ».
Quando venne il mio turno io dissi modestamente che ero alle prime armi, e che il mio inglese non era ancora buono: se quelle erano reazioni molto veloci, come avrei dovuto chiamare le mie? Allora qualcuno propose «dannatamente veloci» e, se quello non bastava, « dannatamente veloci, davvero ».

Ma come arrivò a interessarsi poi dei processi vitali, dove invece le reazioni sono molto lente?

Presto il nostro laboratorio fu invaso da chimici inorganici, poi da chimici organici, e infine da biochimici: per una decina d’anni studiammo reazioni enzimatiche, e scoprimmo che le proteine fanno le cose in maniera ottimale e non migliorabile.
Ma questo non significa tanto il più veloce possibile, quanto il più specifico possibile. Ora, la specificità richiede legami: e più forte è il legame, più è lenta la reazione per romperlo.

C’è un motivo per cui le proteine sono ottimali?

In genere la risposta che si da è che sono state selezionate dall’evoluzione. Ma Darwin non parlava di molecole: la sua era una teoria sugli esseri viventi che non poteva essere applicata

all’origine della vita. E allora mi misi a studiare, e scoprii che le proteine possono fare tutto in maniera ottimale, meno che leggere e scrivere.

Perché?

Perché per quello non dovrebbero essere così specifiche: chi legge è in grado di leggere tutto, non solo una frase o una parola, e lo stesso chi scrive. Così nel 1970 ho pubblicato un lavoro sull’autorganizzazione, e questa è la connessione con le reazioni veloci.

Che connessione c’è, invece, tra scrivere e leggere, e autorganizzarsi?

Nei messaggi umani sappiamo da dove arriva l’informazione: dal cervello di qualcuno. Ma nei sistemi biologici non c’è nessuno che trasmette, e l’informazione genetica deve avvenire attraverso processi autorganizzati. La teoria della vita è dunque una teoria dell’informazione.

Nel senso di Shannon?

No, perché nonostante il nome quella è una teoria della comunicazione: il significato non viene preso in considerazione, e si parla solo di scatole nere che si scambiano messaggi. La teoria di Shannon serve agli ingegneri o ai trasmettitori, che si interessano solo dell’efficienza della trasmissione dei messaggi, ma non ai biologi, che si interessano del loro contenuto.

In senso informatico, allora?

Neppure, perché il sistema binario usato in informatica non è sufficiente per l’autorganizzazione. In biologia tutto si basa sulla complementarità, e con due soli simboli c’è un’unica coppia complementare possibile: le molecole in tal caso risulterebbero molto omogenee, la selezione sceglierebbe la coppia più abbondante, e sarebbe la fine di tutto. Ci vogliono dunque almeno quattro simboli per fare almeno due coppie complementari diverse. Ed è necessario che le due coppie abbiano diversa stabilità.

192

La sua teoria permette di calcolare la frequenza relativa delle coppie?

Certo, ed è esattamente quella che si trova in natura: la coppia G-C è dieci volte più frequente della coppia A-U. La cosa si può misurare coi metodi delle reazioni veloci, perché A-U viene processata in un decimo di microsecondo, mentre G-C richiede un microsecondo. E con due coppie complementari si può iniziare l’autorganizzazione.

Lei sembra aver trovato tutte le risposte.

Forse. Ma comunque, alla mia età, devo ormai pubblicare ciò che ho trovato, e sto scrivendo Dalla strana semplicità alla complessa familiarità: un librone in due volumi, di ottocento pagine ciascuno. Lì sarà spiegato tutto: nel primo volume materia, energia, entropia, informazione e complessità, e nel secondo autorganizzazione, vita, vivente, pensiero e cultura.

E la morte, che ruolo ha nella vita?

La teoria spiega che è necessaria, per gli organismi sessuati. Per le cellule semplici, come i batteri, non si può stabilire quale sia la madre e quale la figlia, dopo la divisione: quelle cellule dunque vivono all’infinito, a meno che qualcuno o qualcosa non le distrugga fisicamente. Con la riproduzione sessuata c’è invece una separazione netta fra genitori e figli, e quando i figli crescono i genitori non sono più necessari.

Come mai ogni capitolo del suo libro sulla vita inizia con una citazione dalla Montagna incantata di Thomas Mann?

Perché Mann dice cose che sono veramente rilevanti, nella sezione « Indagini » del quinto capitolo. Naturalmente, non se l'è inventate lui: nei suoi diari rivela di aver attinto tutto dalla Biologia generale di Oscar Hertwig. Ma la cosa interessante è che nessuno degli umanisti che ho interpellato si era accorto della connessione con la biologia.

Dall'ultimo capitolo del suo libro sul gioco, invece, si vede che lei e anche molto interessato alla musica.

Vengo da una famiglia di musicisti, e io stesso suono il piano: ho anche registrato alcuni concerti di Mozart.

Complimenti!

Mah, suono il piano più o meno come Einstein suonava il violino. L'ho studiato con Rudolf Hindemith, il fratello di Paul.

Ha conosciuto il compositore?

Certo. Sono anche stato suo ospite, a casa sua.

Parlando di umanesimo, viene spontaneo chiederle se dopo aver studiato la vita ci vede qualche «progetto » speciale. In altre parole, se è religioso.

Non particolarmente. Quando qualcuno mi fa questa domanda, io rispondo: « Se c'è un Creatore, perché mai non avrebbe potuto inventare leggi di natura che permettono di far nascere la vita, invece di doverla creare separatamente? »

Crede nel Dio di Spinoza?

Direi, più semplicemente, che Spinoza mi piace più di tutti gli altri filosofi. Ma, a proposito di Dio, lasci che le racconti una storia: quando Heisenberg, che è stato il mio maestro di fisica teorica...

Oh, ha conosciuto pure lui!

Certo: ho seguito le sue lezioni a Göttingen dal 1946 al 1948, e ci ho anche suonato spesso il piano a quattro mani. Ma, dicevo, quando Heisenberg mi invitò a fare una conferenza sui miei risultati, mi disse che era la prima volta che una teoria fìsica della vita gli sembrava sensata. E dopo un po' domandò: « Sei sicuro che non sia opera del Signore, invece che tua? » E io gli risposi: « Forse. Ma tu sei sicuro che un'altra sua opera non sia la tua meccanica quantistica? » Quelle sono le opere di Dio, per noi: le leggi della natura.

4)

RICHARD ERNST

Da quando Antoni van Leeuwenhoek inventò nel 1674 il microscopio, l’esplorazione del microcosmo ha costituito l’altra faccia della medaglia dell’impresa scientifica di conoscenza della natura al di là dei limiti imposti dalla struttura sensoriale dell’uomo, insieme all’esplorazione dello spazio cosmico mediante il telescopio.

L’interesse che la strumentazione di indagine del microcosmo ha rivestito per la comunità scientifica è testimoniato dalla messe di premi Nobel che sono stati assegnati per l’invenzione e il perfezionamento di strumenti sempre più sofisticati per la visione: non ultimo quello per la fìsica nel 1986 a Ernst Ruska per il microscopio elettronico, e a Gerd Binning e Heinrich Roher per il microscopio a scansione tunnel.

Il mezzo di osservazione del mondo microscopico più sofisticato e diffuso è forse la risonanza magnetica, le cui ricerche hanno fruttato una dozzina di premi Nobel nei campi più disparati: dalla fisica nel 1952 a Felix Bloch e Edward Purcell, per la sua invenzione, alla medicina nel 2003 a Paul Lauterbur e Peter Mansfield, per la sua applicazione alla visualizzazione di immagini, passando per la chimica nel 1991 a Richard Ernst, per la spettroscopia nucleare multidimensionale.

Abbiamo incontrato Ernst a Venezia il 12 e 13 marzo 2005, in occasione del convegno sulla Scienza e le Odierne Visioni del Mondo, e parlato con lui non soltanto del suo lavoro scientifico, ma anche dei suoi interessi artistici e della sua visione del ruolo della scienza nel mondo contemporaneo.

Cominciamo con la musica, visto che da giovane lei suonava il violoncello?

Sì. Sono cresciuto in una città, Winterthur, che è allo stesso tempo molto culturale e molto industriale, e ne sono stato in-

fluenzato in entrambe le direzioni. La nostra casa si trovava proprio sui binari della ferrovia, i treni passavano avanti e indietro ogni trenta secondi...

Come un metronomo...

Già. Il nostro vicino era un signore attorno al quale ruotava la

vita musicale della città: finanziava l'orchestra e ospitava i musicisti.
Per andare a scuola io dovevo attraversare un passaggio a livello, e la mattina spesso aspettavo che passasse il treno insieme a lui e ai suoi ospiti.

Ne ricorda qualcuno?

Certo: Pablo Casals, ad esempio, col figlio e il violoncello. Naturalmente, questo mi ha influenzato, insieme al fatto che anche mio padre suonasse il violoncello. Così ho cominciato anch'io.

E lo suona ancora?

No, ho smesso prima dei trent'anni. Da giovane suonavo con orchestre da camera, ma poi ho scelto un'altra carriera. Con gli strumenti ad arco, se uno non si esercita ogni giorno perde l'intonazione e il suono diventa subito orribile. Per non parlare del fatto che poi ho sposato una violinista professionista, e non potevo competere con lei.

Com'è arrivato alla chimica, invece?

Anche qui per caso: esplorando il solaio ho trovato uno scatolone pieno di elementi chimici, lasciato da uno zio che era morto.
Ho cominciato a giocarci, e siamo sopravissuti sia io sia la casa. Così sono diventato un chimico.

Ha usato la stessa parola, «giocare» (xo play,), sia per la musica che per la chimica: non e un caso, vero?

No, certamente. Si affrontano nello stesso modo, e mi piacevano entrambe. Anche se a un certo punto ho dovuto scegliere tra diventare un compositore o uno scienziato.

Compositore?

Non avevo abbastanza abilità manuale per diventare un violoncellista professionista.

Che genere di musica componeva?

Dodecafonica, com'era nello spirito dei tempi.

E usava mezzi matematici?

Sì, soprattutto permutazioni e simmetrie. In seguito mi sono interessato alle applicazioni musicali della teoria dei gruppi: un argomento molto stimolante, anche se l'ho potuto coltivare poco.
E, naturalmente, mi sono divertito ad analizzare matematicamente

la musica di Bach: studiavo gli spartiti, e me li portavo dietro ai concerti.

Non trova che la nutazione musicale canonica sia molto inefficace? Molto meglio la rappresentazione delle voci informa di grafo di funzione, come in matematica.

La mia impressione è che sia difficile star dietro all’ispirazione musicale, e riuscire a trascriverla nella notazione comune: soprattutto quando è multidimensionale, come nelle composizioni orchestrali. In genere si scrive la melodia, ma a volte si può avere un’armonia più complessa in mente, ed è molto difficile riuscire a trascriverla prima che svanisca. Almeno, lo era per me.

La musica ha connessioni con la spettrografia?

Sì. In fondo fanno entrambe la stessa cosa: scomporre un suono nelle sue frequenze simultanee, e percepire come esse si armonizzano o interferiscono fra loro.

Ed è tutto molto fisico: come mai lei ha avuto il premio Nobel per la chimica?

Effettivamente, i primi premi Nobel che sono stati assegnati per la spettroscopia erano di fisica: Isador Rabi nel 1944, per gli esperimenti con i fasci molecolari; Felix Block e Edward

Purcell nel 1952, per le fasi condensate; Alfred Kastler nel 1966, per il pompaggio ottico. Il mio premio è stato il primo non di fisica, per il modo in cui pensavo e le applicazioni che avevo in mente.

Possiamo allora dire che la spettroscopia ha dato alla chimica un orecchio per udire le vibrazioni delle molecole?

In un certo senso, sì. Per noi le molecole sono come scatole nere, sulle quali bussiamo in modi diversi per cercare di dedurre dal suono che ne esce cosa c’è dentro.

Come si bussa sulle molecole?

Dipende dal tipo di spettroscopia che si usa, perché ognuna ha un suo spettro di frequenze: microonde, infrarossi, raggi X... E ciascuna tecnologia è completamente differente: la risonanza magnetica usa le onde radio, gli interferometri i raggi infrarossi, eccetera. Dalle frequenze, che corrispondono ai vari livelli di energia della molecola, si ricava poi lo spettro della molecola, intesa come un oggetto quantistico.

Gli oggetti quantistici sono difficili da immaginare: lei come si immagina una molecola?

Come un modello fatto di palline collegate da tubicini. È questo che fa la scienza: costruire modelli della natura, che a volte rispecchiano la realtà, e altre volte no. La realtà, non abbiamo idea di come sia: possiamo solo costruire modelli che rispecchiano al meglio le osservazioni, e vengono adattati di volta in volta alle nuove osservazioni.

La realtà è il noumeno kantiano?

Certo: non possiamo mai dire che è fatta in un certo modo, solo che si comporta in un certo modo. Spesso addirittura sappiamo che le cose non sono come ce le immaginiamo: ad esempio, che un elettrone non è una pallina che gira attorno a un nucleo e su se stessa. Ma l'importante è che le predizioni che facciamo col modello siano corrette. Quello che conta, in fondo, sono

solo le equazioni, ma senza l'ispirazione dei modelli non riusciremmo a derivarle.

L'interpretazione intuitiva del formalismo è l'aspetto metafisico della scienza?

Chi vuole usare questo linguaggio pomposo, lo può fare. Io, più che di metafisica, parlerei di analogie.

Come quella di sentire la musica delle molecole attraverso la spettroscopia?

Lo è, in effetti: si può pensare alla scatola nera come a un vecchio piano, che tra l'altro è veramente una scatola nera! Magari nessuno l'ha suonato per vent'anni, il che è ciò che spesso accade veramente, e vogliamo sapere quante corde sono rimaste.
Lei come farebbe?

Proverei tutti i tasti, uno a uno.

Sì, ma è un modo noioso di procedere. Si può fare invece un esperimento di Fourier, suonando con le braccia tutti i tasti insieme, il che di nuovo è ciò che spesso accade veramente nella musica moderna, e si ottiene la sovrapposizione di tutti i suoni del pianoforte. Se uno ha un orecchio musicale, si accorge di quali note sono state suonate e quali no. E se non ce l'ha, il computer lo può fare per lui: e questo è ciò che fa la spettroscopia.

E qual è il vantaggio?

È molto più veloce. In chimica, in biologia o in medicina non si potrebbe fare nell’altro modo, perché ci vorrebbe troppo tempo.

Lei però ha introdotto una seconda dimensione nella spettroscopia: di cosa si tratta?

Le corde di un pianoforte non hanno relazioni reciproche: ognuna è separata dalle altre, e quando si suona un’armonia sulla tastiera, l’unica cosa che importa è sapere quali corde risuonano e quali no. Ma quando si analizza una molecola, si

vuole ad esempio sapere da dove arrivano le varie vibrazioni, e qual è la loro organizzazione spaziale: per ricostruire la forma della molecola, infatti, bisogna conoscere le distanze fra i nuclei degli atomi che la compongono, e gli angoli dei legami.

Quindi le due dimensioni non sono spaziali, ma matematiche.

Esattamente. Sono due frequenze diverse con le quali si bussa sulla molecola. Ma se ne possono avere di più: tre, quattro, anche cinque, o quante se ne vogliono. Ma a un certo punto, quando si ottiene abbastanza informazione, non si guadagna più niente aggiungendo dimensioni. Per sistemi di spin normali, in genere due dimensioni bastano. Ma a volte lo spettro bidimensionale è così complicato, che alcune parti risultano sovrapposte: per separarle, si aggiungono appunto una o più dimensioni.

Abbiamo parlato di musica: vogliamo ora rivolgerci alla pittura?

Va bene.

Co**me le e venuta la passione per l’arte tibetana?**

Mi sono sempre interessato all’arte religiosa, benché io non sia religioso.

In nessuno senso?

No. Sono un miscredente e uno scettico.

Non crede nemmeno in quello che Spinoza chiamava «Dio, cioè la Natura »?

No, non sento il bisogno di cose del genere. Credo che ci siano leggi della natura, ma non che si possa sapere da dove arrivino. Naturalmente è interessante chiederselo, e anch’io lo faccio, ma non è una cosa seria: sono domande che non ammettono risposta, ed è inutile preoccuparsene troppo.

E perché allora si interessa dell'arte religiosa?

La mia via di accesso è stata la musica sacra: anche adesso mi piace andare in chiesa a sentirla. Mi da l'impressione di avere

un contatto diretto con questo genere di cose. Quando viaggio, visito sempre i luoghi sacri e osservo i credenti: è uno spettacolo molto interessante.

Ma come è arrivato all'arte tibetana, in particolare?

Nel 1968 ho fatto un viaggio con mia moglie in Asia (Cambogia, India e Nepal), e a Katmandu ho comprato il mio primo tangka: mi è piaciuto così tanto, che ho deciso che li volevo tutti!
Non sapevo quanti ce ne fossero...

Che cosa le piace dei tangka?

Anzitutto, i colori. E la qualità di questa forma d'arte, che mi è sembrato non avesse l'equivalente da noi, soprattutto a quel prezzo. Nel 1968 il Nepal sembrava ancora un paese medievale, e comprando quelle cose si aveva l'impressione di contribuire a preservare un pezzo di storia.

Possedere degli oggetti sembra essere molto poco in sintonia con l'insegnamento del buddhismo...

Ha ragione: bisognerebbe vergognarsi! È il segno di una personalità divisa... Comunque ho cominciato a comprare e collezionare in maniera entusiasta. Mia moglie era interessata, ma un po' più esitante.

Quanti tangka possiede, ora?

Abbastanza: due o trecento. Da qualche anno, però, i prezzi sono esplosi e non posso più permettermeli. Così ora colleziono libri in tibetano, in massima parte di provenienza mongola: danno un piacere analogo, ma sono un po' meno cari.

Come mai non è più interessato agli yantra che ai tangka, in quanto scienziato?

Mi sembra che siano un po' poveri di contenuto: mi piacciono di più i dipinti figurativi, con scene di vita dei monasteri o delle città dell'antico Tibet, che si possono quasi esplorare. Naturalmente si può farlo anche con le relazioni di tipo matematico degli yantra, ma il mio scopo non è quello di ritrovare la scien-

za occidentale nell’arte orientale. Piuttosto, ricerco un tipo di compensazione all’astrazione del mio lavoro quotidiano.

E si limita a guardarli, o li analizza in qualche altra maniera?

Leggo libri sull’arte tibetana, ma faccio anche restauri dei tangka della mia collezione.

Ha incontrato il Dalai Lama?

Tre o quattro volte. Una volta, a Monaco, abbiamo parlato una mezz’ora seduti su una panchina, e lui mi ha tenuto la mano tutto il tempo: un’esperienza molto toccante.

A Dharamsala non è mai stato?

No. Ma sono nel comitato scientifico dell’Istituto Monastico Tibetano di Rikon, un monastero vicino a Winterthur che organizza un programma di alfabetizzazione scientifica per i monaci tibetani chiamato « La scienza incontra il Dharma », voluto dal Dalai Lama stesso. Lui voleva in realtà che i monaci venissero in Svizzera a studiare, per poi tornare in India e insegnare a loro volta, ma noi abbiamo pensato che fosse meglio che stessero là, e ci muovessimo noi invece.

Perché?

Quei poveri monaci parlano a mala pena inglese, e per venire in Svizzera dovrebbero almeno imparare il tedesco: troppo complicato. Noi poi cerchiamo di organizzare le cose in modo che gli svizzeri che vanno in India a insegnare, imparino qualcosa a loro volta dall’esperienza.

Un bell’esempio dì comunicazione fra le due culture.

Certo. Se pensiamo ai nostri scienziati coi paraocchi, che sanno così tanto di così poco, ci si convince subito che c’è bisogno di più apertura. Noi universitari abbiamo molta più responsabilità di quanto crediamo, e dobbiamo fare qualcosa per un mondo che oggi è governato da dei matti: voi ne avete uno in Italia, ma i capi di stato e di governo degli Stati Uniti, dell’Inghilterra

o di Israele sono della stessa pasta. Per non parlare del business che impera ovunque, con l’unico obiettivo di fare soldi.

E noi cosa possiamo fare?

Quella gente non ha molti gradi di libertà per guardare al futuro, ma noi sì. Dunque abbiamo dei doveri, anche se non li adempiamo.

Fa parte della natura dello scienziato disinteressarsi di certe problematiche?

Naturalmente. Noi crediamo di occuparci delle cose più importanti del mondo, e non ci accorgiamo che stiamo soltanto divertendoci con dei giocattolini. Non dovrebbe essere così.

E come dovrebbe essere?

Io credo che le università dovrebbero diventare di nuovo centri culturali, come nel Medioevo: luoghi interdisciplinari in cui persone con diverse competenze discutono fra loro, invece di preoccuparsi soltanto di scrivere lavori specialistici che possono essere letti al più da una mezza dozzina di ricercatori. Non è così che si cambia il mondo!

Non è un po' troppo facile dire queste cose dopo aver vinto il premio Nobel?

Naturalmente! Io la pensavo così già prima, ma non avevo il coraggio di dirlo così apertamente. Però credo veramente che ciascuno di noi debba cercare di operare su due livelli: da un lato la ricerca di base, ristretta e limitata, e dall'altro lato la riflessione, globale e ampia. Sono livelli sconnessi fra loro, spesso senza nessun legame reciproco, ma devono coesistere e possono interagire.

La divulgazione ha un ruolo in tutto questo?

Certo. Le conferenze specialistiche sono così noiose: non fanno che parlare di dettagli specialistici che nessuno capisce! Mostrare la foresta invece che gli alberi è molto più difficile, ma molto più utile e necessario.

203

Lei ha scritto libri divulgativi?

Mi piacerebbe, ma non ho ancora trovato il tempo per farlo.

E se l'avesse, di cosa le piacerebbe scrivere?

Delle relazioni tra scienza e società. Noi siamo gli educatori delle nuove generazioni, dei politici e degli industriali di domani: abbiamo il dovere di farne persone responsabili, e non irresponsabili come quelli di oggi.

Lei crede che la scienza abbia ricadute dirette sulla morale o l'etica?

La scienza non impedisce certo di fare cose sbagliate. Ma non spinge necessariamente a farle, come invece qualcuno pensa.

Ed è possibile un'etica laica?

Ovviamente: quella buddhista, ad esempio, o quella stoica. Non c'è bisogno di credere in Dio per comportarsi decentemente. Al contrario, spesso l'etica che si accompagna a una religione non è una sua conseguenza logica, ma soltanto qualcosa di sovraimposto o affiancato alla fede, che la religione rende più facile da digerire a certe persone.

5)

DUDLEY HERSCHBACH

Dudley Herschbach è un chimico straordinario, in molti sensi del termine. Dopo aver avuto un'educazione scientifica a largo spettro, con laurea in matematica, master in fisica e dottorato in chimica, è stato negli anni '60 il pioniere della « dinamica molecolare »: un'area al confine tra la chimica e la fìsica che egli stesso ha contribuito a creare, e per la quale ha ricevuto nel 1986 il premio Nobel, insieme al suo studente Yuan Lee.

Herschbach è anche impegnato da molti anni sul fronte della didattica, e ha sviluppato un originale metodo di insegnamento della « chimica come arte liberale », che gli studenti di Harvard hanno battezzato Chem Zen, « lo Zen della Chimica ». Questa esperienza ha già prodotto il singolare manuale di laboratorio Safari chimico, curato da Paul Ma, e l'altrettanto singolare testo Parabole molecolari, di Herschbach stesso.

Abbiamo parlato con lui delle sue esperienze matematiche e didattiche il 26 novembre 2003, nel suo ufficio di Harvard.

Lei sembra aver avuto un grande amore per la matematica, da studente.

Oh, certamente. Quando mi iscrissi al corso di laurea in chimica a Stanford, dovevo solo dare un esame di analisi. Durante l'estate, però, andai a lavorare in un laboratorio, dove non si parlava d'altro che di meccanica quantistica. Così decisi di seguire un corso di probabilità, che era tenuto da un tale che si chiamava... George Polya. Può immaginare cos'è successo dopo: ho seguito tutti i suoi corsi, e anche tutti quelli del suo collega ungherese Gabor Szego.

E ha finito per laurearsi in matematica?

Sì. Quando arrivai all'ultimo anno, senza accorgermene avevo ormai dato dieci esami. All'epoca non si poteva prendere una

doppia laurea, e dovendo scegliere fra chimica e matematica ho preferito quest'ultima, perché ero stato così ispirato dall'insegnamento. Come ha detto Arnold Sommerfeld, il grande fisico teorico: « La matematica è come le malattie infantili: prima si prendono, e meglio è ».

Cioè, si diventa immuni?

Più che altro, si fortifica il sistema immunitario. Molti dei miei compagni hanno poi dovuto comunque seguire vari corsi di matematica. Ma farlo dopo, rende difficile capire dove stia la fisica, e dove la matematica. Se invece uno lo fa prima, sviluppa una sensibilità per queste cose.

E perché lei non ha continuato a studiare matematica?

Perché i matematici lavorano in isolamento, e io sapevo di essere un tipo sociale. Ma ho sempre fatto cose al confine tra matematica, fisica e chimica.

In che senso?

Ho applicato la fisica a problemi chimici. Il mio lavoro più noto è sui fasci molecolari, che sono una versione a bassa energia (termica) di ciò che si fa sulle particelle ad alta energia (atomica).

E le molecole si distruggono, come nel caso delle particelle?

In un modo diverso: si trasformano in altre molecole, mediante reazioni chimiche che è difficile seguire, perché le molecole sono incredibilmente piccole, e incredibilmente numerose. L'esempio che mi piace fare è che il numero di molecole in un cucchiaino d'acqua è più o meno uguale al numero di cucchiaini d'acqua in tutti gli oceani. Le molecole sono anche incredibilmente attive: ad esempio, quelle dell'aria si muovono alla velocità di un proiettile.

Alla velocità del suono, no?

Certo. E questo è il motivo per cui la velocità del suono è quella che è!

E cosa cercate di fare?

E come se uno volasse con un aliante sopra uno stadio, e sentisse il brusio della folla. L'uso dei fasci molecolari su una reazione chimica permette di orecchiare le « conversazioni » delle coppie di molecole, e di isolarle dal brusio.

La cosa mi ricorda la riduzione di Boltzmann della termodinamica alla meccanica.

Si tratta precisamente di quello: studiare la dinamica molecolare! Però è più facile da dire che da fare, e agli inizi ci voleva un tempo enorme per ottenere risultati minimi. Pochi credevano che questa tecnica avrebbe funzionato, se non in situazioni particolarmente favorevoli.

Lei ha scritto della sorpresa con cui venivano accolte le sue idee, nei primi anni '60.

Diciamo pure che alcuni famosi colleghi parlavano di noi come di « una banda di matti ». Il che mi piacque molto: anche in seguito, ho sempre cercato di bazzicare con quel genere di bande! E una delle « cose da matti » che sto facendo adesso è la determinazione della struttura elettronica delle molecole nel caso limite di infinite dimensioni, per poi applicarla a quello tridimensionale.

I**n che modo?**

Si generalizza l'equazione di Schròdinger in maniera vettoriale, con un numero qualunque di componenti, e si ottiene un termine scalare aggiuntivo che si annulla nel caso tradizionale tridimensionale. La cosa meravigliosa è che l'equazione si può risolvere in maniera esatta nel caso limite di infinite dimensioni, e si vede che le cose variano in maniera inversamente proporzionale al numero di dimensioni. Il che significa che lo 0 del caso limite a infinite dimensioni è più vicino ali'1/3 del caso tridimensionale reale, di quanto non lo sia l'I del caso unidimensionale che si solito si insegna come esempio!

Una vittoria dell'euristica sulla logica!

207

Ha citato la parola giusta, che io ho imparato da Polya. E qualcuno ha notato che la uso in quasi tutti i miei lavori. Polya era veramente un incantatore, e io cerco sempre di fare le cose nel suo spirito: rendere le cose intuitive, e non essere soddisfatti fino a quando non si ha una notazione efficace e una descrizione matematica pulita. A volte la gente scrive cose che sono molto più complicate di quanto dovrebbero.

La stessa cosa succede nell'insegnamento, oltre che nella ricerca. E so che lei è interessato alla didattica.

Sì, per vent'anni ho insegnato corsi introduttivi di chimica. Io procedo per parabole, perché persino ad Harvard gli studenti hanno difficoltà coi corsi scientifici, specialmente quelli che usano la matematica. Ma se uno racconta delle parabole, cioè delle storie sufficientemente efficaci, allora gli studenti se ne infettano, e le propagano come virus. Ogni mia lezione ha un titolo: ad esempio, « Come Aristotele e Galileo furono mutilati dalla pompa ad acqua ».

E dietro il titolo, cosa ci sta?

In questo caso, la legge dei gas. Naturalmente, gli studenti conoscono già la formula $PV= nRT$. Io dapprima gliela tiro fuori, ma poi chiedo: « Siete sicuri? Non sarà magari $VP = nRT$ì » L'idea è di cercare di farli pensare, non ripetere. Poi chiedo come si può fare ad applicarla, e prima o poi salta fuori che bisogna conoscere R. Ma il fatto è che R si conosce! Basta che faccia loro vedere una scatola, perché gli studenti si ricordino che a pressione e temperatura standard una mole occupa 22,4 litri. Ed ecco che nell'equazione si conoscono quattro variabili in una particolare condizione. E cosa si fa in un'isola deserta, se non ci sono i libri dove andare a vedere il valore di Rì Si mettono i valori nella formula, e si trova il valore di R.
E' il metodo socratico, l'arte maieutica.

Certo. E la cosa continua, perché da dove arriva la formula?

Torniamo ad Aristotele: qualcuno avrà tirato, o visto tirare l'ac-

qua da una pompa ad aspirazione! Lo si fa ancora nella maggior parte del mondo, anche oggi.

A me è successo anche con la benzina, viaggiando in Oriente.

Quello è più raro. Ma qualcuno, in un modo o nell'altro, l'avrà visto. Ora, la spiegazione di Aristotele è che funziona perché la natura aborrisce il vuoto. Ma sui vasi greci ci sono decorazioni con gente che pompa acqua, e si vede che loro sapevano bene che la pompa tira solo fino a un certo punto, cioè non più di circa 10 metri: come mai? Nei Discorsi intorno a due nuove scienze Galileo discute il problema, a differenza di Aristotele. Il motivo, dice, è che una colonna di acqua più alta si romperebbe sotto il suo peso. Ma le pompe dei pompieri non fanno colonne più alte di 10 metri? Allora nemmeno Galileo ha visto giusto! E infatti fu uno dei suoi studenti che risolse il problema. E lei che è italiano dovrebbe sapere chi!

Torricelli?

Proprio lui! E parte della morale della storia è che a volte gli studenti risolvono i problemi che i professori non sanno risolvere! E Torricelli lo fece, prendendo seriamente qualcosa che Galileo aveva detto: esattamente come gli studenti dovrebbero fare coi professori. Ma bisogna capire cosa prendere seriamente! (Vede, faccio un bel po’ di prediche!) Galileo aveva cercato di pesare l’aria, misurando la differenza di peso di un otre prima e dopo che gli aveva succhiato via l’aria, e naturalmente non aveva trovato nessuna differenza. E questo insegna un’altra cosa: che Galileo a volte sbagliava esperimento! Ma Torricelli capì che forse l’aria spingeva in giù, e ideò un altro esperimento! E così si può continuare, dal barometro alle valvole...

Spero che queste cose siano state scritte!

Effettivamente, le sto scrivendo in un libro divulgativo, che si chiama Parabole molecolari. Ma non lo finirò mai se passo troppo tempo a parlare, come adesso con lei! Comunque, questo è il modo in cui insegno, e molto lo devo a Polya. Fino a quando non l’ho incontrato, credevo che in matematica bisognasse fare

tutto nel modo più formale e generale possibile. Lui invece incominciava sempre con esempi meravigliosi e concreti, interessanti e stimolanti, che fornivano i prototipi per la generalizzazione.

Però è molto più difficile farlo in matematica, che in fisica o chimica.

Lui ci riusciva anche in matematica. Ad esempio, raccontava che l’idea per il suo famoso teorema sui cammini casuali gli venne a Zurigo, in un parco dove si incrociavano vari percorsi. Camminando, vide su una panchina una coppietta di suoi studenti intenta a baciarsi. Li salutò, continuò a camminare e dopo un po’ li rivide sulla stessa panchina, e poi di nuovo, ed era imbarazzato perché temeva che pensassero che li stava spiando. Allora si sedette su un’altra panchina del parco, e calcolò la probabilità di ritornare sullo stesso nodo di un grafo percorso in maniera casuale. Non solo nelle due dimensioni del parco, dove risultò essere cento per cento. Ma anche in tre dimensioni, dove è molto minore: qualcosa come 0,3478, legato alla funzione Gamma.

E continua a decrescere?

In cinque dimensioni diventa 0,178 o giù di lì. Ma la cosa importante, quello che divenne il famoso teorema di Polya, è che fino a due dimensioni non ci si può perdere, e da tre in su invece ci si perde quasi sicuramente. È questo spiega perché la maggior parte dei catalizzatori sono bidimensionali: perché allora c’è la certezza che i reagenti di cui si vogliono catalizzare le reazioni

prima o poi si troveranno insieme, mentre in tre dimensioni ci sarebbe solo una probabilità di circa un terzo.

Mi sembra che il suo approccio, molto interessante, sia più umanistico che scientifico.

Non a caso gli studenti chiamano il corso Chem Zen, « lo Zen della Chimica ». Ad esempio, alla fine della storia sulla pompa ad acqua li faccio calcolare quanto pesa l’atmosfera, il che si può ottenere dall’altezza della colonnina di mercurio, o della colon-

na d’acqua: basta conoscere la densità e calcolare la forza, e il risultato è 6 miliardi di megatonnellate, cioè 6 x IO15 chili. Usando il numero di Avogadro, si può poi trovare il numero di molecole dell’atmosfera, che è 1044. Ora, il numero di molecole in un respiro è circa 1022: così, il rapporto di una molecola rispetto a un respiro, è lo stesso che quello del respiro rispetto all’atmosfera. E la maggior parte di quelle molecole sono azoto: molto stabili, e dunque probabilmente molto antiche. Il che significa che in ogni respiro probabilmente inaliamo almeno una molecola già inalata da chiunque abbia mai respirato: Cleopatra, Gesù Cristo, scelga lei.

Questi esempi lasciano un po’ stupefatti.

Questa è la cosa meravigliosa della scienza e della matematica: che sono avventure umane! E dovrebbero veramente essere considerate parte dell’umanesimo, alla stessa stregua delle altre grandi cose che gli esseri umani hanno fatto, dall’arte alla musica. Da studente ho sentito una conferenza di Isidor Rabi, premio Nobel per la fisica del 1944, sull’importanza di colmare il fossato tra umanesimo e scienza.

Le cosiddette « due culture ».

Quella conferenza, però, Rabi la fece due o tre anni prima che C.P. Snow pubblicasse il suo libro! E Snow ammette di aver avuto l’idea delle due culture proprio parlando con lui. Rabi diceva che gli scienziati devono imparare che la scienza non è la geografia di un universo inumano, o senza umanità, che invece è proprio il modo in cui troppo spesso gli scienziati lo vedono. Io credo che sia molto utile far emergere questi aspetti umani, perché rafforzano le parabole di cui parlavo. E fanno capire che la scienza non è opera di dèi olimpici.

Ma di poeti. E vero che lei arriva addirittura a chiedere ai suoi studenti di fare i loro compiti in versi?

Sì, chiedo che scrivano poesie perché gli esercizi dei libri di testo sono così diversi dalla scienza vera. Hanno una risposta predefinita e definita, e danno solo le informazioni necessarie a

211

trovarla, nel preciso contesto di ciò che si è fatto a lezione: niente di più, niente di meno. Se invece si deve scrivere una poesia, anche su un soggetto a prima vista familiare, bisogna capire che cosa serve e cosa no: agli inizi non si conosce non solo la risposta, ma neppure il giusto modo di affrontare il problema.

Può fare un esempio?

Uno dei problemi che assegno è decidere se, a parità di altre condizioni, una palla vada più lontano in una notte d'estate calda e umida, o in una d'inverno fredda e secca. In questo caso bisogna identificare le variabili rilevanti, e anche i professori ci cascano spesso! Pensano che se il tempo è umido allora l'atmosfera è più attaccaticcia e bagnata, e la palla incontra più resistenza, come se fosse in un liquido. E invece è il contrario, perché l'umidità rimpiazza fino al 15 per cento dell'azoto e dell'ossigeno con vapor d'acqua, e l'acqua è più leggera dell'azoto e dell'ossigeno: quindi l'aria è meno densa, e la palla va più lontano. Poi bisogna calcolare quanto più lontano, e si scopre che la cosa dipende dalla radice quadrata della densità.

Incomincio a capire cosa intendeva, quando una volta ha detto che la chimica e come una pittura impressionista.

Lo è, no? Perché se uno sta troppo vicino a un dipinto impressionista, vede solo la pittura. E se uno sta troppo lontano, il dipinto si sfuoca. Bisogna imparare a che distanza porsi, per fare della chimica. Se si sta troppo vicino, si fa della fìsica. Se troppo lontano, della biologia. In un caso si presta troppa attenzione ai dettagli, nell'altro troppo poca.

Lei mi sembra una persona molto rilassata, a cui non piace spingere gli studenti alla competizione. Come si fa a vincere un premio Nobel, però, senza essere competitivi?

E stato un po' un caso. Non immaginavo certo che ciò che facevo mi avrebbe portato al premio, e non lo cercavo: ero semplicemente innamorato dell'idea di studiare le reazioni in quel modo. Però non è che non sia competitivo! Giocavo al football americano piuttosto bene, ed è così che sono andato all'univer-

212

sita: perché il mio allenatore di football voleva che giocassi nella squadra dell'università. Mi avevano visionato persino per i

Los Angeles Rams: lo dico solo perché fino a poco tempo fa, quella era la cosa che impressionava la gente, molto più del premio Nobel!

Perché, poi cosa è successo?

Oh, ho fatto una cosa che impressiona ancora di più: ho doppiato un personaggio dei Simpsons, un programma di cartoni animati molto popolare. Ho detto in tutto 14 parole, pensi un po’. Anche se mi sono impegnato molto, e ho registrato circa 20 versioni: allegra, accondiscendente, arrabbiata... Dopo che il programma è andato in onda, non sa quanti messaggi ho ricevuto! L’anno prima l’ospite era stato lo scrittore John Updike, che aveva detto solo due parole, ma l’effetto era stato lo stesso. Altro che premio Nobel!

Tutto è relativo, evidentemente.

Venire da una famiglia e da un ambiente come il mio, in cui nessuno aveva una laurea, mi è stato di grande aiuto per vivere nel mondo accademico e intellettuale, perché mi ha impedito di prendere seriamente certe cose. Lei ha ragione: sono abbastanza rilassato, e lo sono sempre stato! Le cose che mi hanno più soddisfatto nella mia carriera sono state la ricerca e l’insegnamento. E come dico sempre ai miei studenti, e lo dicevo anche prima del Nobel: è la Natura che da il vero premio, quando si è fortunati abbastanza da imparare qualcosa di bello e di utile. Il Nobel dovrebbe andare alla Natura, perché è lei che ha creato gli atomi, le molecole e gli acidi nucleici che fanno vincere i premi.

6)

ROALD HOFFMANN

Roald Hoffmann è uno dei chimici più famosi del mondo: non solo ha vinto nel 1981 il premio Nobel, ma è l’unico ad aver ricevuto riconoscimenti sia per la chimica organica sia per quella inorganica, per i contributi che ha dato alla determinazione della struttura elettronica delle molecole.

Negli Stati Uniti Hoffmann è molto noto anche al di fuori dell’ambiente accademico per la sua attività letteraria e divulgativa: oltre ad aver condotto nel 1990 la fortunata serie televisiva il mondo della chimica, e aver tenuto per anni una rubrica per YAmerican Scientist, è infatti autore di tre saggi, tra i quali lo straordinario La chimica allo specchio (Longanesi, 2005), di varie raccolte di poesie e dell’opera teatrale Ossigeno (Clueb, 2003), scritta in collaborazione con Cari Djerassi.

Lo abbiamo incontrato in privato il 20 e 22 novembre 2003 all’Università di Cornell, dove insegna, e in pubblico il 30 giugno 2004 a Milano, in occasione della Milanesiana.

Cominciamo dal suo nome: come mai si chiama Roald?

È una storia di geopolitica, quasi. Sono nato nella Polonia sudorientale, da una famiglia ebrea in cui, per tradizione, i barnbini ricevevano due nomi: uno liturgico e l’altro secolare, che tra l’altro dovevano assomigliarsi. Come primo nome i miei genitori scelsero Israele, per soddisfare i nonni: l’ho usato ancora di recente, per firmare un certificato di matrimonio come testimone. In ebreo Israele si dice Isruel, e Roald assomiglia un po’ al suo diminutivo Rulish: i miei genitori lo scelsero in onore di Amundsen, l’esploratore norvegese che conquistò il polo Sud.

Perché mai?

Oggi dimentichiamo che le esplorazioni polari hanno avuto un grande fascino. Comunque, io ho disperatamente cercato una

connessione romantica tra Amundsen e mia madre, se è questo che intende, ma non l’ho trovata! Lui era morto una decina d’anni prima della mia nascita, cercando di salvare Umberto Nobile, che era precipitato nell’Artico con un dirigibile. E, in ogni caso, non gli piacevano le donne.

Tornando al suo nome, come mai si chiama Hofmann?

Questa invece è una storia di sopravvivenza. Il cognome di mio padre era Safran, abbastanza comune sia tra gli ashkenaziti, sia tra i sefarditi: deriva da sofer, « libro », e significa « bibliotecario», o qualcosa di simile. Dopo che lui morì in un campo di lavoro durante la guerra, mia madre si risposò e io acquistai il nuovo cognome di Margulies. Ma nel 1946 gli Stati Uniti avevano quote di immigrazione più favorevoli ai tedeschi che ai polacchi, per tener fuori « gli sporchi slavi », e i polacchi vendevano al mercato nero certificati di nascita di tedeschi della Slesia morti durante la guerra: un giorno il mio padre putativo ne comprò uno per pochi dollari, e diventammo degli Hoffmann. Ormai posso dirlo, tanto non credo che mi espelleranno più!

E la sua infanzia, come stata?

Insieme a mia madre, che è ancora viva e ha più di novantanni, siamo sopravvissuti al campo di lavoro nel quale è morto mio padre. Poi ci siamo nascosti in Ucraina, e dopo la guerra abbiamo vissuto per anni in campi profughi cecoslovacchi, austriaci e tedeschi. Finalmente, nel 1949 siamo arrivati negli Stati Uniti, quando io avevo poco meno di dodici anni.

Ha potuto studiare, in quelle condizioni?

Oh, sì. Ho perso solo un anno, che poi ho recuperato. Le scuole dei campi erano interessanti, perché c'erano bambini e ragazzi di ogni età. E si studiava in molte lingue: hiddish, tedesco, ebraico...

E quante ne ha imparate?

Quando sono arrivato negli Stati Uniti, il tedesco era la lingua

che parlavo meglio. Per varie ragioni, parlo bene anche il russo e lo svedese: il primo perché sono stato un anno nell'Unione Sovietica come studente di dottorato, e il secondo perché ho sposato una svedese. Ma l'inglese è l'unica lingua in cui posso scrivere. Le altre le ho dimenticate, purtroppo, comprese le mie lingue madri yiddish e polacco.

Comunque se l'è cavata bene a scuola, a Harvard, se a soli 28 anni ha potuto pubblicare una serie di cinque articoli con Robert Woodward, che hanno fatto storia.

Sì, era il 1965, lo stesso anno in cui lui prese il premio Nobel I per la chimica. Però, quando un giovane fa un lavoro importante insieme a qualcuno più vecchio e titolato, che genere di riconoscimento ottiene? In genere il credito va a quello famoso, ma in questo caso Woodward non era considerato un chimico teorico, mentre il lavoro lo era. E poi il giovane può ottenere un riconoscimento retroattivo, se in seguito produce altre cose interessanti.

Questo dal punto di vista esterno, sociale. E personalmente, tra di voi?

Qui il problema è più profondo. Agli inizi si trattava di dargli una mano: lui aveva un'idea, ma non era sicuro. Il che non era nel suo stile, perché era l'intelletto incarnato: una presenza mentale incredibile, molto inusuale in chimica. Parlando con lui, si aveva l'impressione di parlare con le profondità dell'universo: aveva una tale concentrazione! Naturalmente non era perfetto, per molti aspetti, ma lasciava quest'impressione.

E come si passa dal dare una mano al diventare un collaboratore?

La questione dell'apprendistato è complessa, anche se la scienza ha imparato l'etica della collaborazione intellettuale molto meglio che l'umanesimo: i lavori sono scritti a più mani, e in genere non c'è problema a riconoscere i contributi multipli. La risposta alla sua domanda è questa, credo: si diventa

collaboratori quando si dice qualcosa a cui l’altro non aveva pensato, e lui è sufficientemente saggio ed emotivamente maturo da rico-

noscerlo, invece di credere che c’era già arrivato da solo. Questo è ciò che successe con Woodward, e posso ritrovare quel momento nei nostri articoli.

E cioè?

È un pezzo alla fine del primo lavoro, aggiunto all’ultimo momento dopo che io andai a un congresso, e dovetti rispondere a una domanda, e mi accorsi che la cosa si integrava con ciò che noi stavamo facendo. Dal punto di vista dell’evoluzione psicodinamica, fu lì che stabilimmo la collaborazione, che poi continuò in altri quattro lavori, tutti in un anno. Tra l’altro, Woodward non pubblicò molto, per gli standard del nostro campo: solo 125 articoli. Io, che ho più o meno l’età che aveva lui quando morì a soli 62 anni, ne ho 500, e la cosa non è atipica.

A proposito del suo lavoro in chimica, l’ho visto citato spesso come «geometrico».

Si tratta di chimica quantistica, ma è ovvio che la chimica è molto geometrica. La forma microscopica di una molecola è un grafo, anche se inteso in senso meno rigido che in matematica, oltre che con una metrica! Questo ai matematici non piace: non vogliono mettere le lunghezze sui lati, o angoli ai vertici, mentre per noi è questione di vita o di morte. Ma quando esauriranno tutti i problemi facili, i matematici potranno venire da noi e cominciare a risolvere quelli difficili...

Scherzi a parte, che interazione ha la matematica con la chimica? Meno che con la fisica, mi sembra.

Sì, meno. Un’area di contatto è, appunto, la teoria dei grafi. Un’altra è la meccanica statistica. Ma la chimica non pone problemi sufficientemente stimolanti per i matematici.

E la matematica pone problemi sufficientemente stimolanti per i chimici? Ad esempio, nel suo libro La chimica allo specchio lei dedica un capitolo al cubene, una molecola a forma di cubo.

Sì, il cubene è interessante, e ne ho parlato perché volevo sot-

tolineare la debolezza della mente umana nel cedere alla tentazione della simmetria e della semplicità.

Non è così semplice, però, perché agli otto atomi di carbonio che costituiscono i vertici del cubo, sono attaccati otto atomi di idrogeno che rimangono «penzolanti » dai vertici. Non si può costruire un cubo solo col carbonio?

In teoria si può, ma servirebbe molta energia per deformare gli angoli secondo i quali le valenze si dispongono naturalmente nel carbonio, e si otterrebbe una molecola molto instabile. Però si può fare col fosforo! E qualcuno ha recentemente costruito un cubo stabile col germanio, in cui sei vertici hanno qualcos’altro attaccato, ma due vertici opposti no. Questa è la cosa divertente: che una stessa forma geometrica si possa realizzare con qualche elemento, ma non con altri. Vede? La matematica da sola è noiosa, ma diventa eccitante quando le si aggiunge la chimica!

E qual è la matematica che lei usa di più?

L’intuizione geometrica è molto forte. Nei miei lavori, il 40 o 50 per cento della pagina è costituito da disegni che rappresentano le molecole, o gli orbitali: rappresentazioni iconiche delle posizioni degli elettroni nelle molecole. I miei lavori si riconoscerebbero anche se non ci fosse il mio nome, proprio a causa del loro contenuto grafico. È interessante come lo stile si imponga nella scienza, nonostante tutti i tentativi da parte delle pubblicazioni scientifiche di eliminarlo.

Oltre allo stile c’è anche la struttura. E mi sembra di aver letto tra le righe, per non dire nelle righe, dei suoi libri un certo disdegno verso la logica.

Sì, un po’. È la mia vena poetica che si manifesta. Soprattutto contro il riduzionismo, che è una filosofia oppressiva usata dai fisici per asserire la propria superiorità su tutti gli altri scienziati: è l’imperialismo della fìsica. E lo dimostra l’atteggiamento dei fisici nei confronti dei matematici: se fossero veramente ri-

duzionisti, dovrebbero ridurre non solo la scienza alla fisica, ma anche la fìsica alla matematica.

E la matematica alla logica, come sostenevano Russell e Wittgenstein. I quali, tra l’altro, si ispirarono alla chimica e chiamarono la loro filosofia «atomismo logico».

È una metafora interessante. Da un lato, credo che fosse un’applicazione della tipica strategia retorica dei filosofi: di tendere verso il fondamentale in ogni modo possibile, parole comprese. Dall’altro lato, e allo stesso tempo, Mach combatteva l’ultima battaglia fìlosofica contro gli atomi, nei quali si rifiutò di credere per tutta la vita, perché non si vedevano. Ma è

proprio questo il bello della chimica: di conoscere senza vedere, di costruire un'immagine sulla base di un'esperienza frammentata.

E non è proprio a questo che serve la logica?

A me interessa stabilire un'identità fìlosofìca per la chimica, indipendente dalle altre scienze, in modo che appaia rispettabile sulla base della propria illogica logica. Ho scritto un « Elogio del ragionamento circolare », recentemente.

Ma il ragionamento circolare non è illogico! L'intera teoria della ricorsività si basa proprio su questo genere di cose.

Quello che mi interessa dire è che il riduzionismo è solo un modo di comprendere. E l'altro modo è molto più interessante, per me. Che noia, in fondo, cercare di capire un poema in termini di scariche neuronali!

Ma in termini della sua struttura sarebbe un'altra cosa.

Ho parlato una volta con Elias Canetti, che ha preso il premio Nobel per la letteratura lo stesso anno in cui io l'ho preso per la chimica.

E che era pure lui un chimico!

Sì, sua madre voleva che il figlio avesse una professione, e così lui prese un dottorato in chimica. Ma già alla fine dei suoi studi preferiva sedersi nei caffè a scrivere il suo grande romanzo Auto

219

da fè. Io gli ho chiesto che cosa avesse tolto dalla chimica, e lui mi ha appunto risposto: la struttura, il senso della struttura. Questo è interessante, ed è la stessa cosa che mi hanno detto altri scienziati che si sono messi a scrivere. E ciò che intendono per struttura, è il fatto che le cose siano legate fra loro in un certo ordine.

Però la struttura e proprio ciò che altri scrittori di formazione non scientifica a volte aggiungono: Calvino, ad esempio.

Ma quando Primo Levi presentò Il sistema periodico all'Einaudi, fu proprio Calvino che cercò di convincerlo a lasciar cadere il primo capitolo del libro. E aveva ragione, perché quel capitolo non è interessante, anche se poi Levi lo lasciò: per motivi strutturali, appunto. Ma naturalmente Calvino indossava due cappelli, a seconda che facesse il critico o lo scrittore.

A proposito di scrittori-scienziati, lei cita spesso Goethe, in particolare Le affinità elettive.

La metafora chimica di quel romanzo è molto chiara, e Goethe ne ha parlato esplicitamente. Credo che sapesse che la teoria delle affinità elettive era ormai sorpassata, ma lui andò molto oltre. E c'è nel libro un passaggio molto interessante, sulla sintesi e l'analisi. Naturalmente nel campo scientifico Goethe si lasciò prendere la mano dalla sua poetica, anche se fece qualcosa di buono: la scoperta di un osso, un po' di geologia, qualche tecnica di scavo, una teoria dell'evoluzione delle piante... La sua autorità intellettuale si estendeva molto al di là del campo letterario, e la scienza tedesca ha dovuto combattere non solo con lui, ma con i cosiddetti Naturphilosophen, i « filosofi della natura ».

A che proposito?

Goethe faceva qualche esperimento, ma molti dei suoi seguaci no. Io penso che lo stile asettico degli articoli scientifici nacque per reazione a questo atteggiamento: proprio per lasciar fuori gente come Goethe, che non avrebbe mai scritto in quel modo. Naturalmente, anche i francesi hanno le loro colpe, in questo

campo. Gli inglesi meno: nell'Ottocento gli articoli scientifici inglesi erano ancora abbastanza informali.

Finora abbiamo parlato degli aspetti culturali della chimica, ma ci sono anche quelli ambientali ed etici. Qual è secondo lei, anzitutto, la responsabilità sociale degli scienziati?

È enorme, e proprio per questo non possono fare a meno di essere eticamente e moralmente impegnati. Devono anzitutto decidere se ciò che hanno scoperto o creato può aiutare o danneggiare la gente. E poi, se se ne può abusare. Se non lo fanno loro, chi altri può farlo? L'atto della creazione è incompleto, senza il giudizio morale. E gli scienziati devono affrontare il problema, anche se può essere rischioso per il loro lavoro o la loro carriera.

Lei quindi non pensa che la scienza sia eticamente neutrale.

Assolutamente no! E chi dice che lo è, non ragiona diversamente da quelli che sostengono la stessa cosa per le armi, sulla base del principio che a uccidere non è la pistola, ma il pistolero.

Ma esistono giudizi morali assoluti, sulla base dei quali poter decidere?

A volte, e purtroppo, sulla base dei dati disponibili si può pensare che non ci siano aspetti negativi in quello che uno fa, ma poi questi saltano fuori ugualmente. Allora si entra in una tragedia greca analoga a quella di Edipo, che si ritiene

giustificato nell’uccidere uno sconosciuto, e senza saperlo commette invece un parricidio. Naturalmente ci sono anche aspetti psicologici, in queste cose: a qualcuno il rimorso piace!

Quando Oppenheimer disse che la bomba atomica aveva fatto conoscere il peccato ai fisici, von Neumann rispose appunto che a volte si confessa una colpa per prendersene il merito.

Questo è il punto di vista dei peccatori, ma all’opposto c’è quello dei santi: gente come Sacharov o Bethe, che rimase sempre orgogliosa di aver risolto il problema tecnico della costru-

zione della bomba all’idrogeno, pur impegnandosi poi completamente sul fronte della pace.

Anche il pubblico hale sue responsabilità, nel controllo etico della scienza?

Certo! Persino in quelle approssimazioni di democrazia che ci sono negli Stati Uniti o in Italia, il pubblico dev’essere coinvolto nelle decisioni e prendere posizione su una serie di problemi che hanno implicazioni scientifiche e tecnologiche, dall’ubicazione dei depositi di scorie alla clonazione. E per fare questo deve avere un minimo di conoscenza scientifica di base, per poter discernere i pareri degli esperti che le varie parti non hanno difficoltà a esibire, a favore o contro qualunque posi-
zione.

La gente, però, spesso protesta contro il nucleare o le biotecnologie non per motivi scientifici, ma per interesse o pregiudizio! Ad esempio, perché non vuole scorie radioattive sotto casa.

Naturalmente. Ma la gente, in ogni paese, vuole anche meno tasse e più servizi, pur sapendo benissimo che è impossibile.

In altre parole, si vorrebbero i vantaggi della tecnologia, ma non gli svantaggi?

Il vero problema è che la società non vuole vedere i lati oscuri di ciò che rende la sua vita migliore, e li rimuove. E non solo nel campo chimico! Ad esempio, ci piace la carne, ma non ci piace assistere alla macellazione degli animali. Questo conduce dritto all’irrazionalità, che gli scienziati in genere non possono sopportare. È per questo che non devono essere loro a governare: altrimenti ammazzerebbero nel nome della ragione chi non si comporta « come deve », commettendo il peggiore peccato che si possa commettere.

Dunque, secondo lei l’irrazionalità è inevitabile?

È una qualità intrinseca dell’azione umana. E la poesia, la letteratura, l’arte, e l’umanesimo in genere, ci aiutano appunto a comprenderla.

Qual è la soluzione al problema dell’inquinamento tecnologico, però?

Ci sono dei precedenti di industrie che comprano « diritti di inquinamento », in cambio di altri investimenti ecologici o ambientali. Bisogna associare all’inquinamento un valore economico negativo, tassandone in qualche modo la produzione. Come si possa metterlo in pratica, evitando che i ricchi diventino più ricchi e i poveri più poveri, è un problema difficile, per il quale sono già stati assegnati dei premi Nobel in economia.

C’è però anche bisogno di limitare la produzione di scorie e rifiuti, no?

Certo, educando alla differenziazione e al riciclaggio.

Questo a livello individuale. Ma a livello industriale?

Stranamente, le grandi industrie non sono le più dannose. O, almeno, non lo erano, fino a quando i governi conservatori non hanno smantellato il sistema di controllo. Il fatto è che le grandi industrie sono molto visibili, e non possono sgarrare troppo. Il vero problema sono le piccole e medie industrie, molto più difficili da controllare. Al contrario, sono le amministrazioni locali a essere più attente a questi problemi, mentre il governo centrale sembra paralizzato. La California, ad esempio, è un meraviglioso esempio dell’irrazionalità di cui abbiamo parlato: ci ha dato Reagan e Schwarzenegger da un lato, e le marmitte catalitiche dall’altro.

Per concludere, da chimico lei pensa che il problema sia « solubile » o no?

Gaia, cioè il pianeta Terra come organismo, vive senza preoccuparsi troppo delle sue specie. Ad esempio, per miliardi di anni la sua atmosfera è rimasta simile a quella di Marte oggi: pochissimo ossigeno e moltissimo diossido di carbonio. Ma per miliardi di anni la vita è prosperata comunque in questo ambiente « inquinato », nelle profondità marine o vicino ai vulcani. L’ossigeno, che oggi costituisce il 21 per cento dell’atmosfe-

ra, è quasi completamente un prodotto di scarto di organismi viventi, e ha ucciso la maggior parte delle forme di vita

primordiali. Quelle che sono sopravvissute, o si sono ritirate in ambienti senza ossigeno, o hanno imparato a adattarvisi. Ciò che per qualcuno è scoria inquinante, per altri è un elemento vitale! E Gaia continuerà a vivere con le nostre scorie, e magari senza di noi.

Cioè, ci impiccheremo con le nostre stesse mani?

Non credo. Anzitutto, l’inquinamento industriale è un fenomeno di un paio di secoli soltanto, che sono un batter d’occhio su scala geobiologica. E poi, l’effetto serra è un buon esempio di come la scienza serva a diagnosticare e a curare i problemi che essa stessa crea: sarebbe stato impossibile anche solo accorgersi del buco di ozono, senza immagini satellitari! Ci saranno crisi continue, con la tecnologia sempre in fuga davanti, e le soluzioni e le leggi sempre dietro all’inseguimento, e a volte molto indietro.

E la media è positiva o negativa?

Nel mondo occidentale la qualità materiale della vita è cresciuta enormemente, nel Novecento, a cominciare dalla durata della vita. La qualità spirituale no: non mi sembra che siamo più felici. Ma dal punto di vista materiale, credo che l’esperienza dimostri che la media è positiva.

Quindi lei non è pessimista?

Non apertamente. Un po’ devo esserlo, se voglio scrivere poesie, perché è molto più facile parlare in maniera efficace dell’infelicità, dell’abbandono, della fine degli amori... Ma, in fondo, sono sopravvissuto alla guerra e ai campi: perché non dovrei essere ottimista sulla sopravvivenza?

7)

HAROLD KROTO

Il primo uso della geometria nella chimica risale al Timeo, il dialogo platonico nel quale la struttura degli elementi fondamentali della materia viene descritta mediante i cinque solidi regolari, le cui facce sono poligoni regolari dello stesso tipo che si incontrano nello stesso modo in tutti i vertici. In particolare, Piatone fece corrispondere il tetraedro al fuoco, l’ottaedro all’aria e l’icosaedro all’acqua, e notò sorprendentemente ciò che oggi noi descriveremmo dicendo che una molecola d’acqua (H2O) si ottiene componendo due atomi di un tipo e uno di un altro (idrogeno e ossigeno ora, aria e fuoco allora): infatti, le sedici facce triangolari di due ottaedri, e le quattro

di un tetraedro, si possono appunto ricomporre nelle venti di un icosaedro.

Anche i solidi semiregolari, le cui facce sono ancora poligoni regolari che si incontrano nello stesso modo in tutti i vertici, ma non devono necessariamente essere tutte dello stesso tipo, hanno ricevuto recentemente un'insospettata e spettacolare applicazione nella chimica. Nel 1985 Harold Kroto scoprì infatti che la struttura di una composizione superstabile di carbonio (Ceo) da lui osservata in una nebulosa era quella di un icosaedro troncato, a sessanta vertici e trentadue facce esagonali e pentagonali disposte come in un pallone da calcio. Nel 1991 Robert Curl e Richard Smalley riprodussero la struttura in laboratorio, e il mensile Science la elesse a « molecola dell'anno »: essa fu chiamata buckminsterfullerene in onore dell'architetto Buckminster Fuller, che aveva usato strutture icosaedriche per la costruzione di cupole geodesiche.

Per queste scoperte, narrate in Molecole su misura (Di Renzo, 2005), nel 1996 Kroto ha vinto il premio Nobel per la chimica insieme a Curi e Smalley. L'abbiamo incontrato in privato il 3 gennaio 2003 a Brighton, dove insegna, e in pubblico il 6 luglio 2005 a Milano, in occasione della Melanesiana.

Lei ha dichiarato una sorta di debito « intellettuale » verso il Meccano. Come mai?

Da bambino mi divertivo semplicemente a giocarci, ma poi mi sono reso conto che col Meccano ho imparato a muovere con destrezza le dita: mi ha insegnato un'abilità quasi ingegneristica. Cosa che, ad esempio, non fa il Lego. Ho scritto un articolo per le pagine culturali del Times, un Natale, suggerendo di regalare ai bambini il Meccano, invece che il Lego.

Che ruolo ha invece giocato la matematica, nel suo sviluppo?

Mi piaceva abbastanza, benché la mia natura fosse manuale e pratica, e il mio principale interesse fosse la grafica. Ma mi divertiva risolvere problemi, geometrici e analitici. Fui molto colpito quando imparai le proprietà dell'esponenziale: il fatto che non cambia derivandolo, o la bellezza e l'eleganza del suo sviluppo in serie.

E che matematica ha usato nel suo lavoro, in seguito?

Sostanzialmente l'algebra matriciale della meccanica quantistica. In particolare, le applicazioni fìsiche dell'algebra dei cornmutatori agli stati energetici delle molecole. Che poi sono le applicazioni originarie: leggendo Le origini della meccanica quantistica ci si accorge che fu il calcolo dell'energia

dell’oscillatore armonico che convinse Heisenberg che la sua formulazione della teoria era corretta. L’eleganza della matematica usata in quella dimostrazione è impressionante, almeno per me.

Il suo lavoro sul carbonio C^o, però, fu più sperimentale che teorico.

Be’, l’esperimento originario era di radioastronomia. All’epoca fu molto sorprendente trovare del carbonio nello spazio, e io congetturai che si originasse nelle parti più fredde delle stelle, dove i processi atomici possono lasciare il posto a quelli chimici di formazione delle molecole. Cercammo di riprodurre condizioni stellari analoghe a quelle che avevamo osservato, e scoprimmo che c’era qualcosa di speciale nel numero 60. Sulla ba-

se del fatto che le forme stabili del carbonio sono esagonali, trovammo una possibile soluzione geometrica introducendo dodici pentagoni, nella forma di un icosaedro troncato. Quindi si trattò di una congettura in parte matematica, e in parte empirica.

Dal punto di vista geometrico, la struttura del carbonio C^o è un solido semiregolare. E possibile realizzarne chimicamente anche altri?

Non saprei. Certamente ci sono strutture cubiche e prismatiche, e vari tipi di fullerene. Si può congetturare che la maggior parte dei solidi regolari si possano formare col carbonio, almeno in maniera approssimativa. Il dodecaedro è certamente possibile, ma non so se qualcuno ha provato a farne altri: sono difficili da realizzare, e probabilmente non sarebbero utili.

E non si presentano in natura?

Non credo. Ma ci sono altre strutture reticolari: in fondo, i solidi regolari o semiregolari sono molto particolari.

Invece il ruolo della simmetria è molto generale: ad esempio, in fisica è legato ai principi di conservazione. C’è qualcosa di simile anche in chimica?

Certamente. La stessa tavola periodica degli elementi è basata sulla simmetria delle armoniche sferiche introdotte da Schròdinger per lo studio della funzione d’onda. E poiché dalla tavola periodica degli elementi dipende tutta la chimica, e dunque tutta la biologia, la spiegazione fondamentale di ogni cosa, compresa questa nostra conversazione, è basata sulla simmetria delle armoniche sferiche. Se vuole qualche dettaglio in più lo può trovare nella mia Lezione Faraday 2002 per la Royal Society, sul mio sito www.vega.org.uk.

A proposito del progetto Vega, lei si è molto impegnato sul fronte della divulgazione scientifica, dai giornali alla televisione. Quale mezzo considera più efficace a questo scopo?

Internet è senza dubbio il migliore, di gran lunga. Supera di

molti ordini di grandezza qualunque sistema di comunicazione che sia mai esistito. Si trovano testi, immagini, filmati nel giro di qualche secondo, su qualunque argomento. Cosa può esserci di paragonabile?

È dunque finita l’era del libro?

No, ma è rafforzata dai nuovi media. Qualcuno preferisce i libri, qualcun altro i film: gli uni non rimpiazzano gli altri. E poi ci sono le lezioni, che oggi possiamo vedere registrate in rete anche dopo la morte di chi le ha tenute, come nel caso di Feynman.

Uno dei suoi articoli per il Sunday Times (7 gennaio 2001) si intitolava: «Gli scienziati non meritano critiche». La scienza non solleva problemi etici?

Il titolo era editoriale, ma il problema è sottile. Naturalmente io credo che gli scienziati abbiano la responsabilità di far sì che il progresso tecnologico venga usato per il benessere dell’umanità. D’altra parte, qualunque tecnologia può essere usata o abusata, per fare del bene o del male: col coltello si può tagliare il cibo a tavola, o la gola del vicino.

E per rimanere, più specificamente, nella chimica?

L’esempio più tipico è la dinamite, che può essere usata per scavare un canale o per fare una mina. La scienza è conoscenza, il problema è come la società debba usare questa conoscenza. In realtà, però, io sono ateo: per me l’etica si riduce al fare il minor male possibile al prossimo, e a volte bisogna prendere delle decisioni al riguardo.

Una volta lei ha detto di essere un ateo « devoto ».

Appunto, una volta. Oggi sono un ateo militante. E se le cose peggiorano, diventerò un ateo fondamentalista.

Perché?

Perché credo che ci siano due tipi di persone al mondo: quelli che hanno credenze mistiche, e quelli che non le hanno. Questi

ultimi credono che la vita sia tutto ciò che abbiamo, che dobbiamo godercela e aiutare gli altri a godersela. Gli altri pensano che la vita futura sia più importante di quella presente, e temo che faranno saltare in aria il mondo. Non ho dubbi sul fatto che il maggior pericolo per l'umanità oggi sia...

... il fondamentalismo religioso.

No, peggio. È che l'1 per cento dell'umanità ha seri problemi mentali, e una buona parte di questi matti trova giustificazioni religiose per la propria pazzia. Altri la trovano nel nazionalismo e nel patriottismo, il che è altrettanto pericoloso.

E per questo che lei lavora per Amnesty International?

Non ho tempo di lavorarci veramente, e vorrei fare di più per loro. Ma sono iscritto all'associazione e ne condivido gli obiettivi. Credo che dobbiamo cercare di sradicare la disumanità dell'uomo verso l'uomo, e il caso peggiore è quando lo stato prende il sopravvento e cerca di giustificare le sue azioni sulla base di motivazioni religiose, nazionaliste o patriottiche. È estremamente pericoloso, soprattutto ora che è facile procurarsi tecnologia avanzata: c'è il rischio di una fine dell'umanità.

Lei non crede che si possa essere religiosi in un senso più alto, vedendo Dio nelle leggi della natura?

Einstein credeva nel Dio di Spinoza, che si rivela nell'armonia del creato, ma non in un Dio che si interessa delle fedi e delle azioni dell'uomo: per me questo è ateismo. Il vero problema è che la maggioranza della gente vive una vita miserabile, e ha un bisogno disperato di aggrapparsi a qualcosa: io credo che questo sia un meccanismo biologico di difesa, senza il quale l'umanità forse non sarebbe sopravvissuta. Solo una minoranza riesce a uscirne e accettare che questa vita è tutto ciò che c'è, e che quando è finita, è finita. Ma questo, più che una risposta, è soltanto un tentativo di dirle cosa penso: a certe domande, in realtà, non si può veramente rispondere.

8)

KARY MULLIS

Una delle scoperte recenti che hanno rivoluzionato non solo la biologia, ma anche la nostra vita quotidiana, è certamente la polymerase chain reaction, « reazione a catena della polimerasi », comunemente abbreviata con pcr. Si tratta di una tecnica per amplificare automaticamente segmenti anche minimali di dna e

produrne in maniera esponenziale quantità grandi a piacere, che ha applicazioni nelle aree più disparate: prima fra tutte la forensica, nella quale l'impronta genetica basata sul DNA ha ormai prodotto una rivoluzione copernicana, mandando al museo la venerabile impronta digitale.

La pcr è stata scoperta nel 1983 da Kary Mullis, e gli è valsa il premio Nobel per la chimica nel 1993: per l'occasione questo singolare scienziato ha tenuto a Stoccolma una lezione (reperibile sul sito della Fondazione Nobel, www.nobelprize.org) che deve aver scioccato più di un accademico. Così come più di un lettore dev'essere rimasto scioccato dalla lettura della sua autobiografìa Ballando nudi nel campo della mente (Baldini e Castoldi, 2000), che lo mostra sulla copertina in tuta da surf e con due conchiglie sugli occhi, narra di incontri con alieni, esperienze con droghe e viaggi astrali, e spazia dall'astrologia alla parapsicologia.

Considerato da qualcuno un genio e da altri un ciarlatano, Mullis è uno stimolante personaggio col quale abbiamo conversato l'8 ottobre 2004 in pubblico, di fronte a una platea gremita da ottocento persone, in occasione dell'apertura della prima edizione di BergamoScienza.

Sulla copertina del suo libro lei è descritto come « il più eccentrico tra gli scienziati moderni », e naturalmente viene subito in mente come paragone Richard Feynman: cosa pensa di lui?

Feynman mi piaceva molto, e lo ammiravo come un vero

« eroe »: certo vorrei essere come lui. Non l'ho mai incontrato, ma sono sicuro che ci saremmo divertiti a parlare di molte cose.

Se lei è d'accordo, proporrei di andare dal generale al particolare, incominciando col chiederle le sue opinioni sul rapporto tra fede e scienza.

Io ho delle credenze, che tratto molto diversamente dalle mie opinioni scientifiche. Mi da sempre molto fastidio quando qualcuno mi chiede perché non credo al fatto che I'hiv causi I'aids: non si tratta di una credenza, in quel caso, ma di un'opinione scientifica basata sull'evidenza. Per chi ce l'ha, le credenze sono semplicemente vere: per credere non si chiede il permesso a nessuno, nemmeno a se stessi. Non si ha controllo sulle proprie credenze: se lo si avesse, non sarebbero appunto credenze.

Ma le credenze possono andare contro le opinioni scientifiche?

Se si decide che il metodo scientifico sia l'unico modo per capire l'esistenza e l'universo, si esclude automaticamente la possibilità di avere credenze. Ma questo richiede l'abbandono di

una parte del proprio sé attivo e sperimentale, e fin da bambino io ho rifiutato l’idea che qualcuno potesse impormi la propria opinione: per questo non ho mai appartenuto a nessuna religione organizzata. Ma ho le mie credenze, che possono sempre essere modificate dalle mie esperienze.

Secondo Aristotele e William James, bisognerebbe accettare solo le esperienze che si comprendono: lei è d’accordo?

Per niente. Le mie percezioni sono il mio legame primario con la mia realtà: le accetto per quello che sono, e mi danno informazioni che considero automaticamente affidabili. In caso di conflitto, io seguo le mie percezioni e non i miei pensieri: la ragione è secondaria, per il mio modo di essere, mentre i sensi sono primari. Il pensiero razionale mi da un grande piacere e lo rispetto enormemente, ma per me la realtà è ciò che vedo, odoro, sento, tocco...

231

È per questo che lei non ha paura di avere opinioni che vanno contro quelle della maggioranza, e che spesso sono considerate strane o irrazionali?

Le opinioni scientifiche sono temporanee, per loro stessa natura: si giudicano in base all’evidenza disponibile, ma rimangono perennemente in attesa di ulteriore evidenza. E si possono benissimo avere credenze opposte alle proprie opinioni scientifiche: le due cose possono coesistere nella stessa testa. Io ho avuto, nella mia vita, esperienze che non posso comprendere o integrare nel resto, ma non le butto certo via solo perché gli altri mi dicono che non ne hanno mai avute di simili! Magari sono cose che non tutti sono in grado di percepire, e che possono dire qualcosa di cruciale sulla propria realtà.

Lei pensa che la descrizione scientifica della realtà sia incompleta?

La scienza è certamente incompleta, nel senso che si è interessata di certe cose e ne ha evitate altre. Ma il metodo scientifico non lo è: tutto si può esaminare scientificamente, a parte le esperienze non comunicabili.

Tutto? Anche l’astrologia?

Certo: si possono facilmente fare esperimenti su di essa, e io stesso ne ho fatti. Se le caratteristiche personali dipendono dalla data di nascita, si devono manifestare nella professione della gente, e questo si può facilmente verificare: basta vedere se la distribuzione delle date di nascita per le varie professioni è casualmente distribuita, oppure no.

E lo è?

Per quanto ne so, no: la gente che fa una certa professione tende a essere nata in certi periodi, invece che in certi altri. Ad esempio, ci sono più scienziati nati nel Sagittario o nei Gemelli che non nella Vergine. Gunther Sachs, che ha la dubbia qualità di essere stato il marito di Brigitte Bardot, ha riportato nel libro Il file dell'astrologia i dati del governo svizzero, ovviamente

molto accurati, che mostrano come ci siano innegabili legami tra nascita e professione.

Anche Gustav Jung e Wolfgang Pauli, nel loro libro Sincronicità, propongono test scientifici sull'astrologia: nel loro caso, relativi all'influsso dei segni astrali su matrimoni e divorzi. Cosa pensa lei del concetto di sincronicità?

Sincronicità significa che ci sono connessioni non causali, ma come si fa a dirlo? Un conto è dire che non si vede un modo in cui due cose possano essere collegate, e un altro è dire che un tale modo non c'è! Un'attitudine più ragionevole, e più modesta, sarebbe accettare il fatto che due cose sono collegate, se lo sono, e continuare a cercare il motivo per cui lo sono. L'unico modo di essere scientifici è di tenere la mente aperta, ed essere preparati a lasciar cadere i propri pregiudizi.

Nel suo libro lei arriva a dire che certe cose sono «più probabili di molta della nostra matematica, e di almeno meta della nostra fisica ».

Certo. Basta pensare alla teoria dell'infinito, un concetto che non significa solo molto, ma molto più di molto, e molto più di molto di più: per parole come quella non c'è posto nei laboratori scientifici, perché non si può misurare l'infinito! È qualcosa che esce dalla nostra testa: facile da parlarne, e magari anche utile, ma certo non esistente nel mondo reale.

Se lei fosse un matematico, sarebbe un costruttivista.

Esatto. Le cose che non si possono misurare, o sulle quali non si possono fare esperimenti, non sono scientifiche. Così come non lo sono le credenze immutabili e incrollabili, o la fede assoluta: quando si tratta di scegliere tra le credenze e i fatti sperimentali, un vero scienziato dev'essere pronto a seguire questi e abbandonare quelle.

E per questo motivo che lei non vede troppo di buon occhio le teorie scientifiche estreme, dalla cosmologia alla fisica atomica?

Non è una questione di preferenza personale: in fondo, il mio

233

primo lavoro scientifico, apparso su Nature nel 1968, era su « Il significato cosmologico dell'inversione temporale ». Il problema è un altro, e cioè che viviamo in un mondo molto precario. Non nel senso sociale, ma fisico: delle cose che ogni tanto ci cadono addosso e hanno enormi effetti. E la prossima volta che una cadrà, non vorrei soltanto guardarla impotente sulla CNN: non mi piacerebbe che un giorno un astronomo avvistasse qualcosa largo tre chilometri che sta per piombare a 50.000 chilometri all'ora nel bel mezzo dell'oceano e solleverà un'onda di 150 metri di altezza, e pensassi che avremmo potuto fare qualcosa per fermarla, invece di sprecare il nostro tempo a studiare i bosoni.

Sta parlando sul serio?

Certo. Basta guardare la superficie della Luna per accorgersi di quanto spesso sia stata bombardata. O ricordare la cometa Schumacher, che nel 1993 si schiantò su Giove facendo un buco grande come la Terra! E almeno due volte, 250.000 e
60.000 anni fa, eventi simili hanno distrutto la maggior parte delle specie viventi sul nostro pianeta: è serio abbastanza? Io credo che dovremmo dedicare molte più energie a proteggerci da queste cose, invece di permettere alle nostre menti migliori di studiare la teoria delle stringhe.

Ma le due cose non sono collegate? Questi problemi non si risolvono, come in certi film di fantascienza, bombardando gli asteroidi, i meteoriti o le comete con un'atomica? E come si fa un'atomica, senza fisica nucleare?

In realtà, non c'è bisogno di troppa fìsica per fare una bomba! Soprattutto rispetto a quella che già conosciamo. E poi, ne abbiamo già ammassate tante, di bombe, che non sappiamo cosa farcene: magari si potrebbe pensare a modi di usarle contro i nostri veri nemici, invece che sugli altri uomini. Abbiamo bisogno di un ombrello nucleare: qualcuno penserà che si tratta di stupidaggini, ma io penso veramente che queste sono le cose serie alle quali dovremmo pensare. Se sta per diluviare, è più

234

sensato correre a comprare un ombrello che non scrivere uno studio sui cambiamenti globali del clima.

È corretto dire che lei ha una visione antropica della scienza?

Dico solo che prima dobbiamo pensare a proteggerci dalle catastrofi che potrebbero decimare il pianeta: se non altro, perché altrimenti avremmo il 10 per cento di gente in meno a disposizione per pensare alla teoria delle stringhe. D'altronde,

non è quello che già facciamo nella nostra vita personale? Se passiamo tutto il tempo a pensare agli investimenti a lungo termine, rischiamo di dimenticarci di pagare l'affitto. E invece, se uno chiede un finanziamento di 200 milioni di dollari per mappare gli asteroidi che passano nelle vicinanze del pianeta Terra, gli ridono in faccia. Ma se invece chiede dieci volte tanto per studiare I'aids, glieli danno.

Non crede, comunque, che sia la fisica che la chimica abbiano un interesse antropico? Non fosse altro per il fatto che due dei nostri sensi (vista e udito) sono fisici, e altri due (olfatto e gusto) chimici?

La divisione tra fisica e chimica è sfumata: è difficile dire che un senso appartiene all'una o all'altra. E poi, fisica e chimica si incontrano a un certo punto: a livello elementare, la chimica si può ridurre alla meccanica quantistica. Anche se spiegare qualcosa di complesso come i sensi in termini di meccanica quantistica sarebbe impossibile: gli effetti quantistici non hanno molta rilevanza, non appena si sale al livello delle cellule.

A proposito di sensi chimici, che effetto fa il gas esilarante (protossido d'azoto) che sia lei nel suo libro, sia William James in Volontà di credere, raccontate di aver sperimentato?

Diciamo che, oltre a rendere certe procedure odontoiatriche più sopportabili, ha un effetto interessante sulla coscienza.

Lei crede che la coscienza sia sempre riducibile a fenomeni fisici, in senso lato?

Provi a guardare fisso direttamente nei miei occhi, senza pensare a niente.

Cosa vuole fare: provare a ipnotizzarmi?

Se stessimo qui abbastanza a lungo, a fissarci intensamente, potremmo certamente causare fra noi un'interazione di natura non fisica: non staremmo parlando né scambiando informazioni, ma ciò nonostante qualcosa starebbe succedendo.

Sta parlando di comunicazioni telepatiche?

Sì, come scrivere su dei fogli la stessa parola simultaneamente. Bisogna provarlo, per crederci: non so cosa sia, né saprei spiegarlo, ma qualcosa succede veramente. E se qualcuno vuole studiare la coscienza, questo è un buon punto di partenza.

E anche questo si può fare scientificamente?

Certo. Ad esempio, a Palo Alto c’è un programma finanziato da Paul Allen, in cui si fanno esperimenti di questo genere: si mostrano sul computer a un soggetto immagini scelte a caso, che possono essere divertenti o spaventose, e si misura la sua reazione attraverso la conduttività della pelle. E si scopre che in qualche modo il soggetto riesce a prevedere il tipo di immagine che gli verrà mostrata, perché la reazione della sua pelle precede di 200 microsecondi non solo l’apparizione dell’immagine, ma anche la sua scelta da parte del computer! Cosa significano queste cose, allo stesso tempo strane e paurose? Forse che la coscienza percepisce non soltanto il presente, ma anche un po’ del futuro?

Potrebbe esserci un legame con l’inversione temporale, alla quale lei ha accennato parlando del suo primo lavoro?

Quello era un lavoro che proponeva una terza via cosmologica, oltre alle teorie del Big Bang e dello stato stazionario. Entrambi questi approcci descrivono l’universo « dal di fuori », come lo potrebbe vedere un osservatore esterno. Nella mia piccola teoria, invece, cercavo di descriverlo dall’interno, che è la posizione da cui lo possiamo vedere noi. E dal nostro punto di vista, non ci può essere né un inizio né una fine dell’universo, e nem-

meno nessun grande cambiamento globale: solo piccoli cambiamenti locali.

Ma questo genere di teorie non richiede una creazione continua di materia?

Sì. E allora? La creazione continua mi da molto meno fastidio di un’esplosione iniziale, prodotta non si sa quando e come, in un punto a densità infinita: questo mi sembra solo un modo diverso di dire che non si capisce cosa sia successo.

A proposito di esplosioni, anche lei ne ha fatta una metaforica con la PCR, e l’ha addirittura battezzata « reazione a catena (della polimerasi) »!

Effettivamente, all’epoca pensai veramente a una bomba. Tra l’altro, se si facesse la PCR in uno spazio limitato, da cui i nucleotidi non potessero uscire, si otterrebbe veramente una bombetta chimica che esploderebbe nel laboratorio. Anche se questo non sarebbe il modo più economico di costruire una bomba chimica.

Perché ha definito il momento della sua scoperta « il primo giorno del resto della mia vita »?

Naturalmente, la stessa cosa si potrebbe dire di ogni momento. Ma quello che intendevo era che quella notte ho capito che la PCR, se

funzionava, mi avrebbe cambiato la vita e procurato il premio Nobel.

Poi però ha dichiarato che « vincere il premio Nobel può far danni alla salute».

Il fatto è che andai a Stoccolma con l'influenza, e durante le celebrazioni l'orario degli impegni è molto rigido: ci sono pochi intervalli, e in genere te li riempiono con qualche intervista. Si diventa il centro dell'attenzione di un sacco di gente per un paio di settimane, e se uno non sta bene non è piacevole.

Ha anche detto che «il premio Nobel ti apre ogni porta almeno una volta ».

237

Perché se c'è qualcuno che hai sempre voluto conoscere, ti basta chiamarlo. O se vuoi avere dei finanziamenti, vieni almeno ascoltato. Adesso, ad esempio, sto lavorando a un metodo universale per curare ogni malattia infettiva: senza il premio Nobel, la gente mi direbbe di andare a raccontarlo a mia moglie, e invece mi prende seriamente perché sa che almeno una volta ho fatto qualcosa che nessun altro credeva possibile.

Ma nel caso della PCR, lei stesso dice che in un certo senso tutti gli ingredienti erano già disponibili.

È vero, ma io ho capito per primo come metterli insieme. Nel 1983 i chimici, me compreso, non erano abituati a fare la stessa cosa due o tre volte di seguito. Ma la mia esperienza con la programmazione dei computer mi aiutò a capire l'immensa importanza dei cicli di istruzioni while e repeat, « continua a farlo ». E non c'era nemmeno bisogno di farlo veramente, perché il processo si poteva automatizzare. In fondo, il trucco è tutto qui.

La PCR oggi ha un numero enorme di applicazioni: qual è quella che l'ha sorpresa maggiormente?

Mi piace molto la paleoantropologia, che ha permesso di tracciare l'albero genealogico delle specie. Anche se immagino che, per la gente che ha evitato condanne grazie alle prove del DNA, sia più gratificante l'uso forensico della PCR, che io non avevo assolutamente previsto.

E tra quelle che ha usato lei nel suo lavoro?

La più bella di tutte mi sembra quella a cui sto lavorando ora, alla quale accennavo poco fa: un vaccino programmabile, invece che specifico per una particolare malattia infettiva. Il nostro sistema immunitario in qualche modo già lo fa: il problema è che può metterci troppo tempo, e arrivarci quando ormai è troppo

tardi. L’idea è di sfruttare la risposta immunitaria a qualche malattia particolare, e forzarla indirettamente a rispondere a una qualunque malattia: in questo modo si potrebbe

avere un vaccino che si può usare anche dopo l’infezione, e non solo in maniera preventiva come quelli odierni.

Sta correndo dietro a un secondo premio Nobel in medicina?

No, perché ci vorrà molto tempo per far funzionare questa cosa. E quando funzionerà, potrei essere ormai troppo vecchio. Ma la gente mi ricorderà e dirà: « Ma guarda che bravo che è stato ». Perché se si potessero curare, in questo modo, anche solo una o due malattie infettive importanti, sarebbe già un bel successo: ad esempio, si potrebbe evitare un’epidemia come l’influenza del 1918, che fece cento milioni di vittime.

Magari allora meriterebbe il premio Nobel per la pace.

L’importante è che si tratti di una ricerca eccitante, che mi piace fare. Quanto al premio Nobel, sembra che il modo migliore per non prenderlo sia cercare a tutti i costi di prenderlo.

9)

ILYA PRIGOGINE

Siamo tutti nati nel passato, e moriremo tutti nel futuro: soltanto in un romanzo come La freccia del tempo di Martin Amis, infatti, la vita di una persona può andare dalla bara alla culla, invece che dalla culla alla bara. La direzione dal passato al futuro, inoltre, è la stessa che va dall’ordine al disordine: solo in un film proiettato al contrario, infatti, una tazza a pezzi sul pavimento può ricomporsi e saltare sul tavolo, invece che cadere e rompersi. Stranamente, però, questi fenomeni così familiari nell’esperienza quotidiana sono stati a lungo rimossi dalla scienza canonica, che ha preferito concentrarsi sui fenomeni reversibili nei quali la freccia del tempo può puntare in entrambe le direzioni, invece che in una sola.

La comprensione dei fenomeni irreversibili ha subito una rivoluzione grazie allo studio delle strutture dissipative: di quei sistemi, cioè, lontani dall’equilibrio e aperti all’esterno, nei quali le fluttuazioni di energia possono produrre « ordine dal caos ». Il motto è di Ilya Prigogine, colui che « ha trasformato la scienza della termodinamica irreversibile », secondo la motivazione del premio Nobel per la chimica che gli è stato

assegnato nel 1977. Per vent’anni, però, dalla loro prima formulazione nel 1946, le teorie di Prigogine erano state guardate con sospetto, e solo alla fine degli anni ’60 la scoperta dei cosiddetti « orologi chimici » ha fornito la verifica sperimentale della loro preveggente correttezza.

Prigogine ha in seguito divulgato le sue visioni in libri di grande profondità filosofica e scientifica, che vanno da La nuova alleanza (Einaudi, 1981) a. La finedellecertezze (Boringhieri, 1997): opere articolate e controverse, nelle quali la teoria dell’irreversibilità viene presentata non solo come l’anello di congiunzione fra l’inanimato e l’animato, ma anche come un possibile ponte di collegamento fra le « due culture ».

Abbiamo intervistato questo protagonista della scienza del Novecento a Bruxelles, il 12 febbraio 2002.*

Lei ha dedicato la sua vita allo studio del tempo. Quali sono state le sue ispirazioni letterarie o filosofiche?

Non c’era bisogno di grandi ispirazioni extrascientifiche, perché la nozione di tempo è molto interessante di per sé! Comunque, da ragazzo leggevo molta filosofia e sono stato particolarmente impressionato dall’Evoluzione creatrice di Bergson: ricordo ancora la sua affermazione che « il tempo è invenzione, o non è niente ».

Bergson è in genere guardato con sufficienza dagli scienziati.

In parte questo è dovuto allo storico dibattito sul tempo che tenne con Einstein a Parigi il 6 aprile 1922 presso la Società Francese di Filosofìa. Bergson non aveva capito la relatività, e fece una pessima figura: ho conosciuto alcuni suoi amici, che mi hanno detto che non si è più ripreso da quella sconfitta. Ma neppure Einstein aveva capito il problema di Bergson: parlavano di due tempi diversi, quello reversibile della meccanica inanimata e quello irreversibile della vita umana.

E per quanto riguarda le sue ispirazioni scientifiche?

Mi ha molto attirato, da giovane, il famoso libro di Erwin Schròdinger Che cos’è la vita. Lui aveva capito che la vita si può descrivere come un sistema che consuma entropia, e che la creazione di entropia dovuta ai processi irreversibili all’interno di una cellula può essere compensata da un flusso di entropia negativa proveniente dall’esterno. Ho tentato di sviluppare questa idea nei miei primi lavori: essa sta alla base delle strutture dissipative, che si mantengono proprio grazie all’interazione col mondo esterno.

Ha avuto occasione di incontrare Schròdinger?

* Prigogine è morto a Bruxelles il 28 maggio 2003.

Non solo l'ho incontrato, ma ci ho discusso più volte. Era una personalità eccezionale, oltre che un uomo di cultura universale.

In quegli anni anche Alan Turing stava lavorando a problemi simili, vero?

Lui aveva sviluppato uno schema puramente matematico delle reazioni chimiche in sistemi lontani dall'equilibrio, autocatalitici e non lineari. Agli inizi io cominciai invece a studiare i sistemi vicini all'equilibrio, e verso il 1945 osservai che la mancanza di equilibrio porta all'organizzazione, anche già nel caso di sistemi descritti da equazioni lineari. Molti anni dopo ho trovato che questo è vero in generale, specialmente per i sistemi lontani dall'equilibrio che interessavano Turing.

Ha fatto in tempo a conoscere anche lui personalmente?

Sì, nel 1947. Andai a sentire i seminari di Michael Polanyi, che all'epoca era a Manchester in attesa di andare negli Stati Uniti: gli facevano sospirare il visto, perché da giovane era stato membro del Partito Comunista. A questi seminari partecipavano fior di cervelli, e c'era anche Turing. L'ho visto un paio di volte, ma non gli ho parlato perché non sapevo che stesse lavorando a cose che mi interessavano.

Molti scrittori, da Schopenhauer a Borges, hanno giocato con l'idea di tempi multipli, ma lei è riuscito a far diventare queste idee scientifiche. In che cosa consiste la sua idea dei «due tempi»?

Nei sistemi in equilibrio, tipici della fisica classica, il tempo è un parametro che si misura con un numero e costituisce un riferimento rispetto al quale le altre grandezze variano. Nei sistemi lontani dall'equilibrio, ad esempio nel caso della turbolenza o del decadimento delle particelle, le fluttuazioni del sistema si possono interpretare come i ticchettii di un orologio, e permettono di determinare un'altra nozione di tempo.

Che sarebbe?

La cosa è un po' tecnica: si tratta dell'operatore coniugato a

quello di Liouville. Esso definisce un tempo dinamico che varia, a sua volta, rispetto a quello statico. E ogni sistema ha il suo tempo interno: diversamente dal tempo solito esterno, che è sempre

lo stesso e non varia. Il punto centrale del mio lavoro è stata l'introduzione di questo secondo tempo nelle equazioni basilari della meccanica, classica e quantistica, per distinguere il passaggio da situazioni reversibili a situazioni irreversibili.

Da dove deriva, dunque, l'irreversibilità?

A lungo si era supposto che fosse il risultato di approssimazioni. Recentemente, però, abbiamo finalmente capito che si tratta invece di uri estensione: si passa da una descrizione simmetrica, in cui passato e futuro giocano lo stesso ruolo, a una descrizione asimmetrica orientata soltanto verso il futuro. In termini matematici, questo corrisponde al passaggio da un gruppo a un semigruppo, e si effettua mediante una continuazione analitica di un certo operatore: cioè, appunto, estendendo questo operatore dal campo reale al campo complesso.

Che ruolo ha in tutto questo il tempo cosmologico, la cui freccia è indicata dall'espansione dell'universo?

Per ora, il tempo cosmologico è solo una speculazione. La sua esistenza è semplicemente un modo diverso di affermare che l'universo, nel suo insieme, non costituisce un sistema integrabile (nel senso che non si possono risolvere esattamente le equazioni che lo definiscono). Naturalmente, quasi tutti i sistemi non sono integrabili! E quelli che lo sono fanno parte di sistemi non integrabili: ad esempio, un sistema integrabile come quello del Sole e della Terra è parte dell'intero sistema solare, che non è integrabile.

E dove risiede l'interesse dei sistemi non integrabili, visto che non sono esattamente risolubili?

Appunto nel fatto che questi sistemi, microscopici o macroscopici che siano, ammettono una freccia del tempo. Si può dire che appare una coerenza che determina la formazione di strut-

ture: più precisamente, di quelle che io ho chiamato strutture dissipative.

Nel suo fortunato libro Dal Big Bang ai buchi neri, Stephen Hawking parla anche di un tempo «immaginario ».

Quella è solo una finzione letteraria. Lui ha un'idea puramente geometrica dell'origine dell'universo, e per introdurre la freccia del tempo è costretto a usare il Principio Antropico. Peggio di così non si potrebbe fare.

A me il Principio Antropico sembra semplicemente un errore logico: il passaggio dall'ovvia constatazione che la vita non sarebbe

possibile se l'universo non fosse come è, all'assurda ipotesi che l'universo è come è affinché la vita sia possibile. Lei che ne pensa?

Penso che sia una cosa senza senso, una forma di misticismo.

Parlare di anthropos mi fa venire in mente la nozione di « autorganizzazione », che gioca un ruolo centrale nel suo lavoro.

È una conseguenza di ciò che abbiamo detto, nel senso che quando si spinge un sistema lontano dall'equilibrio si crea un'instabilità che porta, molto spesso, a un'organizzazione interna del tipo delle strutture di Turing. Probabilmente anche la vita stessa è il risultato di processi di autorganizzazione spontanea.

Per concludere, il 12 febbraio 1996 il vicepresidente statunitense Al Gore l'ha citata in un discorso ufficiale, dicendo che la sua teoria è un modello per «estrarre ordine dal caos in politica ». Che ne pensa?

Non saprei. A me sembra soltanto un'analogia, niente di più. La scienza è una cosa molto diversa dalla politica. E poi i politici vivono nel presente, mentre io vivo soprattutto nel futuro!

10)

FREDERICK SANGER

Vincere un premio Nobel è, naturalmente, una fortuna che capita a pochi. Vincerne due, poi, non capita praticamente a nessuno: soltanto quattro persone, nella storia ormai secolare del premio, sono riuscite nell'impresa, e soltanto due hanno bissato il successo nella stessa materia. Uno dei due è Frederick Sanger, che vinse per la chimica nel 1958 e nel 1980 per aver ottenuto, rispettivamente, la prima sequenziazione degli aminoacidi di una proteina, e la prima sequenziazione delle basi di un genoma.

Il lavoro di Sanger appartiene all'era eroica delle sequenziazioni, quando ancora erano gli individui che le portavano a termine per catene di piccola lunghezza. Per la sequenziazione del lunghissimo genoma umano si è invece dovuti entrare nell'era industriale, e uno dei due centri pubblici più importanti in cui essa è stata portata a termine è appunto quello di Cambridge intitolato al nome di Sanger (l'altro è l'Istituto Sanitario Nazionale di Washington).

Per rivisitare non soltanto Ì suoi contributi personali, ma anche i più recenti sviluppi della disciplina in cui è stato maestro, siamo andati a intervistare Sanger il 17 ottobre 2002 a Cambridge,

nel grande giardino di casa sua, i cui fiori da vent’anni assorbono le quotidiane attenzioni di uno dei più grandi scienziati del Novecento.

Per cominciare dal principio, o quasi, lei è stato obiettore di coscienza nella seconda guerra mondiale. Come mai?

Mio padre era membro della Società degli amici, i quaccheri, che sono tradizionalmente pacifisti: non approvano che si ammazzi la gente. Era una cosa religiosa, tutto qui.

E non ci sono stati problemi?

245

Be’, ce ne sono stati. Ma non troppo seri, perché sono stato esentato come studente di scienze. Così ho potuto continuare i miei studi.

Quindi non è finito in galera, come Bertrand Russell nella prima guerra mondiale.

Temo di no. Niente di così eccitante.

Passando al suo lavoro, lei ha legato il suo nome alla sequenziazione. Come ci è arrivato?

Mio padre era un medico, e si aspettava che anch’io lo diventassi. Io preferivo la ricerca, e sono riuscito a iscrivermi al dottorato in chimica. Ma essendo comunque interessato alla medicina, ho seguito un corso in biochimica. Si trattava di un argomento nuovo, appena introdotto nel piano di studi, e fu molto eccitante perché mi mostrò che la comprensione della medicina poteva passare attraverso la chimica della materia vivente. Non ero uno studente molto bravo, di quelli brillanti che sono sempre i primi della classe, ma riuscii molto bene in biochimica, forse perché mi interessava. Questo è stato l’inizio.

Perché ha cominciato a studiare l’insulina?

In realtà fu il mio relatore di tesi a sceglierla. All’epoca le proteine erano considerate il più importante aspetto chimico della materia vivente, ma era difficile ottenerne di pure da studiare. L’insulina la si otteneva per motivi terapeutici, nella cura del diabete.

Che metodo usò per sequenziarla?

Poiché si tratta di una molecola molto lunga e grande, l’idea era di frammentarla in pezzettini (chiamati peptidi) contenenti uno o due aminoacidi, che si potevano poi studiare separatamente. Il problema non era la frammentazione, che si poteva Fare facilmente

con degli acidi, ma la separazione dei vari pezzi. Si era appena scoperto un nuovo metodo per farlo e io inventai

246

una tecnica per etichettare i pezzi, che è un po’ complicata da spiegare.

Ma ebbe successo, e le valse il suo primo Nobel nel 1958.

Fu un lavoro molto lungo. Agli inizi ottenni soltanto qualche aminoacido, per pezzetti corti dell’insulina. Poi dovetti trovare dei metodi per lavorare con pezzi più lunghi, e ci vollero dieci anni per completare l’intera sequenza. Quella fu la prima sequenziazione completa di una proteina che permise di scriverne la prima formula chimica.

Cosa ricorda della cerimonia della consegna del premio?

Fu molto eccitante. Si va a Stoccolma e di colpo ci si ritrova importanti. La cerimonia è molto impressionante, di un genere al quale uno scienziato abituato a lavorare in un laboratorio non è abituato. Molto divertente.

Negli anni ’60 lei andò a lavorare al Laboratorio di Biologia Molecolare di Cambridge, e uno dei suoi colleghi fu Crick. Che influenza ebbe su di lei?

Nessuna in particolare. Io dirigevo il Dipartimento di Biochimica, mentre lui stava in quello di Fisica diretto da Perutz. Loro facevano cristallografia a raggi X, che io non capivo. Crick l’ho conosciuto, niente di più.

Quindi il suo interesse per il dna derivò soltanto dal fatto che era ormai diventato un argomento importante?

Esattamente. Ma prima che con il dna ho lavorato con I’rna, perché il dna è molto lungo. Il più corto dna è di circa 5000 unità, mentre con le proteine sono molto meno: qualche centinaio, e per l’insulina solo 51. Di rna ce ne sono di abbastanza corti, anche solo qualche decina di unità, ed era possibile affrontarli. Il dna era la cosa che veramente volevamo studiare, perché ormai si sapeva che conteneva il materiale genetico, ma prima bisognava risolvere molti problemi e sviluppare nuove tecniche.

247

I metodi per la sequenziazione dell’RNA erano molto diversi da i quelli per le proteine?

Non molto. Si spezzavano le molecole grandi in pezzi piccoli, che poi venivano separati. I frammenti però risultavano molto

simili, e il problema era rimetterli insieme nell’ordine giusto.

E qual è stato il primo successo con il DNA vero e proprio?

Il virus ipX\7A, che risultò essere di 5386 unità. La sua sequenziazione fu resa possibile dall’invenzione del cosiddetto « metodo più o meno », che introdusse una tecnica diversa dalla frammentazione.

Fu quella che lei chiamò, una volta, « la mia migliore idea »?

Sì, si può dire così. Invece di spezzare catene lunghe in pezzi corti, usammo enzimi per costruire catene lunghe partendo da pezzi corti. In questo modo si poté comprendere come le molecole di dna sono costruite. Purtroppo è molto difficile da descrivere in parole povere...

... senza lavagna? E senza una lunga introduzione! In seguito lei lavorò anche sul dna mitocondriale.

Sì. Il nuovo metodo permise un vero salto di qualità: se prima ci volevano un paio di settimane per ottenere catene di cinque o dieci unità, ora bastavano pochi giorni per cinquanta unità. Diventava dunque possibile attaccare molecole più grandi, e dopo il virus (pX174 ci rivolgemmo al dna mitocondriale, che è già un dna umano.

E questo lavoro le valse un secondo premio Nobel nel 1980. Estato doppiamente sorpreso, questa volta?

È più facile ricevere un secondo premio Nobel, che un primo.

Non si direbbe, visto che è successo solo due volte.

Bisogna essere fortunati e prendere il primo abbastanza presto.

Io avevo solo una quarantina d’anni, e ho continuato a far ricerca. Per molti anni, benché non avessi più ottenuto risultati importanti, sono stato comunque coccolato e finanziato. Ho potuto lavorare a lungo senza obblighi e pressioni, ed è stato un gran vantaggio.

Quando ha preso il secondo premio lei ha scherzato dicendo che, poiché erano passati 22 anni dal primo, forse in altri 22 ne avrebbe preso un terzo. C’è andato vicino, visto che nel 2002 l’ha vinto John Sulston, che fa parte del Centro Sanger che porta il suo nome.

Non è proprio la stessa cosa che prenderlo di persona!

Lei continuò a lavorare anche dopo il secondo premio e introdusse il metodo shotgun, «a mitragliatrice », che è poi stato usato dalla Celerà per il Progetto Genoma.

Sì, noi l’avevamo già usato negli anni ’80. Ma con il genoma umano non ha funzionato troppo bene.

Si aspettava che ci sarebbero voluti soltanto quindici anni per completare il Progetto?

No, non credevo che sarebbero stati così veloci. Quando sono andato in pensione nel 1983 era comunque chiaro che, per sequenziare genomi grandi, dell’ordine di miliardi di unità, ci sarebbero voluti procedimenti in grande scala e automatici, con tecniche informatiche e robotiche. E anche un numero enorme di gente e una gran quantità di soldi.

Che cosa pensa del ruolo dell’investimento privato nel Progetto Genoma?

Non mi sembra che sia stato così profìcuo. La sequenziazione dell’intero genoma non ha ricadute immediate, bisogna andar oltre e trovare che cosa fanno i singoli geni. C’è ancora un’enorme quantità di lavoro da fare, che richiederà di nuovo molti soldi e probabilmente sarà fatto dai privati. Le cose vanno così, ma io personalmente penso che si lavori molto meglio senza dover sempre pensare ai profìtti. Per fortuna non ho mai dovu-

to preoccuparmi dei finanziamenti, e non mi è mai interessato arricchirmi.

E che cosa pensa dei brevetti sui geni?

Si possono brevettare possibili utilizzi di un gene. Ma non il gene stesso, soprattutto se non si sa che cosa fa o a che cosa serve. È un errore concedere brevetti di questo genere: è un sistema sbagliato e pericoloso.

Che cosa rimane da fare, dopo il genoma umano? Qualcuno parla di proteoma, ad esempio.

Quello è solo un nuovo nome per dire che si studiano le proteine, che è ciò da cui io ho iniziato. Naturalmente è la cosa da fare: soprattutto con le tecniche odierne, che rendono possibile sequenziarle rapidamente.

Visto che stiamo tornando agli inizi, lei è ancora quacchero? O, più in generale, religioso?

No. Sono gradualmente diventato scettico sull’argomento.

Socialmente, invece, ha rifiutato il titolo di «Sir». Come mai?

Non credo che mi si addica molto. Essere chiamato « Sir » ti mette in una categoria diversa, e io non sono un aristocratico. E poi queste cose sono vestigia del passato, non sarebbe stato appropriato accettare.

Lei è andato in pensione abbastanza presto. Come mai?

Avevo 65 anni, che è la norma in Inghilterra, anche se molti scienziati continuano a lavorare. Io ho pensato che non avrei potuto fare molto meglio di quanto avevo già fatto, se non sviluppare i metodi che avevo già trovato. E il lavoro stava assumendo una dimensione molto più grande di quella a cui ero abituato, sarei dovuto diventare un manager e un raccoglitore di fondi. Non credo che sarei stato bravo in questo, e così ho smesso.

Che cosa ha fatto in questi vent'anni?

Non ho più lavorato, e non mi sono nemmeno più tenuto aggiornato. Oggi non ci capisco più molto: il linguaggio è cambiato, e comunque io ho sempre preferito il lavoro di laboratorio. Col tempo la memoria si arrugginisce: si incontrano i colleghi, si fanno loro le stesse domande della settimana precedente, e diventa imbarazzante. Così mi sono dedicato al giardinaggio, e passo la maggior parte del mio tempo in questo giardino. Ai fiori non bisogna fare domande.

Parte 4
FISICI

1)

HANS BETHE

« Da tempo immemorabile la gente ha avuto la curiosità di sapere cos'è che continua a far splendere il Sole », notava Hans Bethe aprendo la sua lezione per il conferimento del premio Nobel per la fìsica del 1967, assegnatogli appunto per aver individuato nel 1938 i processi di fusione nucleare dei nuclei atomici responsabili della produzione di energia all'interno delle stelle.

Durante la guerra Bethe diresse a Los Alamos la divisione teorica del Progetto Manhattan per la costruzione della bomba atomica, contribuendo al calcolo della massa critica e allo sviluppo del metodo dell’implosione. Dopo la guerra partecipò alla costruzione della bomba all’idrogeno, descrivendo il suo contributo come quello dell’ostetrica nel parto della creatura che ebbe Stanislaw Ulam come padre e Edward Teller come madre. In seguito divenne invece un oppositore degli armamenti atomici e un portavoce dell’uso pacifico dell’energia nucleare, come mostrano i suoi saggi raccolti in La strada da Los Alamos (Simon e Schuster, 1991), tanto che Jeremy Bernstein ne intitolò la biografìa Hans Bethe: il profeta dell’energia (Garzanti, 1983).

Nei suoi ultimi anni lo vedevamo arrivare regolarmente al Club dei Professori dell’Università di Cornell indossando vistose bretelle, leggere concentratissimo il New York Times dopo essersi tolto gli auricolari, e terminare invariabilmente il pasto con un’enorme fetta di torta alla frutta. Dopo averlo incontrato più volte tramite amici comuni, l’abbiamo intervistato il 29 agosto 2001 su Enrico Fermi: praticamente un suo coetaneo, di soli cinque anni più vecchio di lui.*

* Hans Bethe è morto a Ithaca il 6 marzo 2005.

Vorremmo parlare con lei di Fermi, in occasione del centenario della sua nascita.

Sono molto contento che questo anniversario sia celebrato. Quanto a lui, credo che un po’ di futilità l’avrebbe divertito.

Lei probabilmente lo incontrò già negli anni ’30, quando venne a Roma per il perfezionamento dopo la laurea.

Sì, l’ho incontrato nel 1931, e sia quell’anno che il seguente ho lavorato nel suo gruppo per un semestre. Fermi era facile da avvicinare, soprattutto per parlare di fisica: sembrava più un dottorando che un professore.

E come scienziato, com’era? Glielo chiedo perché Wolfgang Pauli lo definì un « ingegnere quantistico », e Robert Oppenheimer « non un filosofo ».

Certamente non era interessato alla filosofia: lui voleva ottenere risultati, dalla meccanica quantistica! Ad esempio, nel suo articolo del 1932 riformulò l’elettrodinamica quantistica in maniera che chiunque potesse usarla: prima nessuno ci riusciva, nella formulazione originaria di Heisenberg e dello stesso Pauli.

Fermi ottenne il premio Nobel per aver scoperto nel 1934 l’efficacia dei neutroni lenti. Lei ha commentato, tra il serio e

il faceto, che avrebbe dovuto ringraziare il marmo di Carrara: in che senso?

Per caso aveva fatto due volte uno stesso esperimento di irradiazione su tavoli diversi, di legno e di marmo, e aveva ottenuto due risultati diversi, perché in un caso l'idrogeno del legno aveva rallentato alcuni neutroni. Io dissi che in America, dove il marmo non si trova facilmente, si sarebbe lavorato solo su tavoli di legno e nessuno avrebbe scoperto niente. Ma era solo una battuta, perché in America ci sono tavoli di ferro o di alluminio, che si comportano come quelli di marmo e non rallentano i neutroni. Anche un americano avrebbe dunque potuto osservare la differenza, ma la verità è che ci voleva un Fermi per capirne la cause.

Prima di lasciare l'Italia nel 1938, Fermi cooperò col fascismo in

maniera imbarazzante: era membro del partito, indossava la feluca all'Accademia d'Italia, arrivò persino a chiamare due supposti elementi « esperio » e « ausonio », per onorare le razze italiane. Ha mai discusso il suo coinvolgimento col regime, con lei o altri?

Di certo sfruttava i vantaggi che gli derivavano dall'essere membro dell'esclusiva Accademia d'Italia: ad esempio, gli piaceva il titolo di «Eccellenza ». Ma quand'era con gli amici, il fascismo lo prendeva in giro.

Cosa fece a Los Alamos, quando arrivò nel 1944 da Chicago?

Divenne direttore di una divisione separata, che aveva il compito di produrre una massa critica di Uranio 235 e fare esperimenti con essa. Ma il suo contributo maggiore alla bomba l'aveva dato appunto a Chicago, dimostrando che l'uranio naturale e la grafite possono produrre una reazione a catena: fu proprio quello che i tedeschi non riuscirono mai a fare.

E vero che a Los Alamos facevate escursioni insieme?

Effettivamente eravamo entrambi appassionati alpinisti, e ci piaceva andare a camminare sui pendii erbosi o sui sentieri. Quando eravamo in pochi ne approfittavamo anche per discutere di fisica, visto che di solito lavoravamo in posti diversi e non ci vedevamo molto.

Fermi fu uno dei quattro consiglieri scientifici del governo per l'uso della bomba, e decise di ignorare il Rapporto Yranck firmato da 68 scienziati atomici, che chiedeva si facesse solo un uso dimostrativo della bomba. Lei cosa pensava di queste cose, all'epoca?

Come lui, pensavo che un attacco atomico su una città giapponese fosse necessario per finire la guerra. D’altronde, anche dopo Hiroshima e Nagasaki alcuni militari cercarono di impedire che l’imperatore si arrendesse.

E quale fu la sua reazione alle bombe?

Il 16 luglio 1945 fui contento che il nostro lavoro avesse avuto successo, e pensai che avrebbe probabilmente contribuito a far

terminare la guerra nel Pacifico. Qualche giorno dopo il 6 agosto, quando vidi le fotografìe aeree dei resti di Hiroshima, rimasi però scioccato dalle dimensioni e dalla totalità della distruzione. Ebbi una forte reazione emotiva, e decisi di far capire alla gente che una tale arma non avrebbe dovuto essere usata mai più.

Però in seguito andò a lavorare alla bomba all’idrogeno!

Pensavo che la bomba atomica andasse potenziata per poterla sfruttare meglio come deterrente, non certo come arma: per fortuna, fu questa la politica che poi adottarono sia gli Stati Uniti che l’Unione Sovietica. Fermi era d’accordo sul principio generale, ma quando si discusse della bomba all’idrogeno nel Comitato Generale di Consulenza per la Commissione dell’Energia Atomica, si oppose alla sua costruzione.

Il suo amico Edward Teller invece no, naturalmente: cosa pensò di lui, quando testimoniò al processo contro Oppenheimer?

Che fosse stato malefico. Naturalmente, io testimoniai a favore.

E cosa pensò dello Scudo Spaziale, quando Teller lo propose?

Che non avrebbe funzionato. E continuo a pensarlo anche della nuova versione presentata dall’amministrazione Bush.

Oggi lei è contrario alle armi nucleari, ma cosa pensa degli usi pacifici dell’energia atomica?

Credo che i reattori nucleari per la produzione di elettricità siano molto utili, e si dovrebbero usare di più. Se non altro, perché producono energia elettrica senza surriscaldare l’atmosfera.

2)

VAL FITCH

Il romanzo La macchina del tempo di Herbert Wells e il film Ritorno al futuro di Robert Zemeckis hanno fatto sognare le vecchie e le nuove generazioni, ponendo un problema essenzialmente scientifico: è possibile andare avanti e indietro nel tempo, e accorgersi della direzione in cui si sta andando? Naturalmente il problema non si riferisce al mondo macroscopico, dove persino un bambino si accorge se la cassetta nel videoregistratore si sta svolgendo o riawolgendo, ma al mondo microscopico.

A livello atomico sembra infatti che ci si possa muovere nel tempo a piacere, e ci sono difficoltà ad accorgersi se si sta andando avanti o indietro. Anzi, più in generale, il mondo atomico è così simmetrico che nessun fenomeno gravitazionale, elettromagnetico o nucleare forte permette di scoprire una qualunque differenza non solo tra passato e futuro, ma anche tra destra e sinistra e tra positivo e negativo.

Quando si passa però ai fenomeni nucleari deboli coinvolti nel decadimento radioattivo, allora le cose cambiano drasticamente. Nel 1956 Chen Ning Yang e Tsung Lee fecero una prima grande scoperta, che meritò loro il premio Nobel per la fisica nel 1957: le forze deboli permettono di accorgersi di uno scambio destra/sinistra. E nel 1964 James Cronin e Val Fitch ne fecero una seconda, che meritò pure a loro il premio Nobel nel 1980: le forze deboli permettono anche di distinguere un doppio scambio simultaneo, positivo/negativo e destra/ sinistra (la cosiddetta violazione di simmetria cp).

Quanto al triplo scambio simultaneo (positivo/negativo, destra/sinistra e passato/futuro), esso non è altro che lo scambio tra materia e antimateria, e non può essere rilevato in nessun modo, neppure con le forze deboli. Il che significa, allora, che in un colpo solo Cronin e Fitch avevano fatto anche una terza grande scoperta: che la forza debole permette di distin-

guere lo scambio passato/futuro. O, detto altrimenti, che è possibile accorgersi in quale direzione si stia andando mentre si viaggia nel tempo.

Dopo aver intervistato Yang a proposito della prima grande scoperta di violazione di simmetria, abbiamo intervistato Fitch a Princeton il 4 maggio 2002 sulle altre due.

Durante la guerra, lei finì militare a Los Alamos. Avrà fatto dei begli incontri!

Effettivamente, ho avuto il piacere di incontrare alcuni dei grandi nomi della fisica: Bohr, Fermi, Chadwick... Purtroppo, però, ero appunto militare: per questo non ho potuto lavorare con

nessuno di loro, e anche le mie interazioni sociali sono state piuttosto limitate.

Ha però lavorato alla bomba?

Sì. Ero assegnato a Ernest Titterton, un membro della missione inglese a Los Alamos. Il suo gruppo consisteva di due tecnici civili e di due militari, me compreso: ci chiamavano SED, per Special Engineering Detachment, « Distaccamento Speciale di Ingegneria ».

E cosa vi fecero fare, di preciso?

Ci impegnarono a fondo nel programma di implosione: il nostro problema principale era la detonazione simultanea delle 32 lenti esplosive. Ci specializzammo nella registrazione, con oscilloscopi, del grado di simultaneità dell’accensione dei detonatori a fili. Spaziavamo dal controllo degli ingranaggi nei test di sganciamento di bombe finte, alle misurazioni sul meccanismo del test vero di Trinity.

Come reagì agli eventi del 6 agosto 1945, dopo aver preso parte al progetto?

Deve capire che io ero militare, e mi consideravo fortunato a fare un lavoro interessante e importante: era certo molto meglio che farsi sparare addosso! Ho osservato il test di Trinity

dal principale bunker di controllo, e il mio unico pensiero fu semplicemente che la guerra sarebbe presto finita.

In realtà io mi riferivo alla bomba vera, non ai test!

Io non sono stato sorpreso dalla devastazione di Hiroshima e Nagasaki, a differenza di altri miei colleghi a Los Alamos. Forse perché il bunker dal quale avevo assistito al test era molto vicino all’epicentro: una decina di chilometri, non la quarantina da dove lo osservavano i vip. Tre giorni dopo sono andato in camionetta fino al confine della zona desertica che l’esplosione aveva vetrificato: ho grattato un po’ del vetro verde in una scatola di cartone, senza scendere, e me la sono battuta. Era facile immaginarsi cosa sarebbe potuto succedere a una città bombardata.

Oggi lei pensa che il Progetto Manhattan sia stato una buona cosa? O gli scienziati avrebbero invece dovuto emulare quelli che, come Lise Meitner o Franco Rasetti, si rifiutarono di averci a che fare?

La motivazione originale per la costruzione della bomba era l’enorme paura che i tedeschi ci arrivassero prima di noi. D’altronde, furono due scienziati tedeschi rifugiati (Frisch e Peierls, tra l’altro anche loro membri della missione inglese a Los Alamos) a fare i primi calcoli della massa critica di uranio 235 necessario. C’era una guerra in corso, e la posta in gioco era la nostra sopravvivenza.

Venendo a cose più allegre, è vero che lei e Cronin cercavate una conferma, e non una violazione, della simmetria CP?

La nostra proposta del 1963 diceva chiaramente che, tra le altre cose, l’esperimento che proponevamo avrebbe permesso di stabilire un limite molto migliore di quello allora noto al tasso di decadimento di un particolare insieme di particelle. Tutti lo intesero, naturalmente, come un test di invarianza CP, e fu una considerevole sorpresa misurare invece una violazione.

Quarant’anni dopo, che cosa ci ha insegnato questa violazione sul-

l’universo e sui suoi primi momenti? In particolare, sulla scarsità di antimateria rispetto alla materia?

Col senno di poi, si potrebbe dire che lo squilibrio tra materia e antimateria era già una prima evidenza della violazione di CP. Il collegamento tra questo squilibrio e il nostro esperimento fu però fatto soltanto nel 1967, da Andrej Sacharov.

Il vostro esperimento fa anche una conferma indiretta della violazione della simmetria temporale. C’è qualche relazione con la freccia del tempo macroscopica?

Non credo. Oggi c’è un generale accordo sul fatto che la freccia del tempo individuata dalla crescita dell’entropia sia un fenomeno statistico, e non abbia niente a che fare con un’asimmetria temporale delle interazioni fondamentali.

Quale pensa sia la ragione profonda per cui la forza debole viola tutte le simmetrie, mentre le altre tre forze non ne violano nessuna?

Nel modello standard la forza debole è unificata con la forza nucleare forte e la forza elettromagnetica. Questa unificazione è caratterizzata dalla cosiddetta matrice di Cabibbo, Kobayashi e Maskawa, che contiene un parametro per la violazione della simmetria CP.

Questa mi sembra più una descrizione che una spiegazione.

Diciamo allora che la violazione di simmetria trova una collocazione naturale nella teoria, e che la ragione profonda per cui le cose stanno così rimane un mistero.

In questo momento lei sta lavorando alla ricerca della particella H. Cos’è che la rende interessante?

Le particelle ordinarie, tipo i neutroni e i protoni, sono composte di tre quark. Se la particella H esistesse, costituirebbe una nuova forma di materia, composta di sei quark (il suo nome deriva appunto da hexaquark, «esaquark»). E dovrebbe esistere, per motivi teorici, anche se non siamo ancora stati in grado di trovarla. Inoltre, se la sua massa fosse vicina a quella del deu-

terone, la sua vita sarebbe molto lunga: forse, tanto lunga da avere conseguenze cosmologiche.

Nell’autobiografia per la fondazione Nobel, lei ha scritto che «il processo di scoperta di nuovi fenomeni che ci obbligano a modificare radicalmente le nostre precedenti convinzioni e senza fine». Rimane della stessa opinione anche oggi, dopo lo sviluppo della teoria delle stringhe?

Sì. Nonostante le dichiarazioni dei teorici delle stringhe, continuo a non credere all’esistenza di una teoria finale.

Durante l’amministrazione Clinton, lei ha firmato petizioni in favore della moratoria dei test nucleari, e contro lo sviluppo del sistema di missili antibalistici. Che cosa pensa dei progetti militari dell’amministrazione Bush, inclusa la riesumazione dello Scudo Spaziale?

Penso che le politiche dell’attuale amministrazione, riguardo a entrambi gli argomenti che lei ha citato, non abbiano alcun merito. Confesso di non riuscire a capire cosa muova quella gente, a parte un insensato zelo missionario.

3)

RICCARDO GIACCONI

Nel 1901 il primo premio Nobel per la fisica è andato a Wilhelm Rontgen per la scoperta dei raggi X, che in seguito sono diventati uno degli strumenti scientifici più utili. Oltre alle applicazioni mediche che tutti conoscono, il fatto che la lunghezza d’onda dei raggi Xsia dello stesso ordine di grandezza degli atomi ha infatti permesso di usare la loro diffrazione, scoperta nel 1912, per determinare le più svariate strutture (i cristalli nel

1913, la penicillina nel 1942, il dna nel 1953), e di far guadagnare un buon numero di premi Nobel (in fisica a Max von Laue nel 1914, e William e Lawrence Bragg nel 1915, e in medicina a Ernst Chain nel 1946, e Maurice Wilkins nel 1962).

Le applicazioni all'astronomia sono invece state ritardate dal fatto che i raggi X sono assorbiti dagli strati superiori dell'atmosfera, e per osservarli è dunque necessario andare nello spazio. Il primo a mandarci rilevatori di raggi Xsu un razzo fu Herbert Friedman nel 1949, ma il primo a concepire una vera e propria astronomia a raggi X fu Riccardo Giacconi. Egli infatti rilevò la prima stella a raggi X e la radiazione di fondo nel
1960, mise in orbita il primo satellite con strumenti a raggi X (l'Uhuru) nel 1970 e il primo telescopio a raggi X (l'Einstein) nel 1978, diresse la stazione spaziale Hubble dal 1980 al 1991 ed ebbe l'idea di un osservatorio a raggi X fin dagli anni '60 (il Chandra, andato poi in orbita nel 1999).

Grazie a questa visione, oggi l'astronomia a raggi Xha. conquistato il suo posto nello spettro delle astronomie a varie lunghezze d'onda (microonde, infrarosso, luce visibile, ultravioletto, raggi X e raggi gamma), che ci danno informazioni sulle varie fasi dell'evoluzione dell'universo (il Big Bang, la formazione delle stelle e delle galassie, la loro mezza età, la loro morte, e la formazione dei buchi neri).

Giacconi ha descritto insieme a Wallace Tucker le fasi eroiche della sua impresa in L'universo in raggi X (Mondadori,

2003), e ne ha parlato con noi il 19 gennaio 2006 nel suo ufficio della Johns Hopkins University a Baltimora.

Perché Bruno Rossi viene chiamato il « nonno » dell'astronomia a raggi X, mentre lei ne e unanimamente riconosciuto come il «padre»?

Perché lui ha avuto molte idee, ma non ha mai fatto lavoro sperimentale. Grazie a Dio, però, ha suggerito a me di farlo!

Herbert Friedman, invece, come si potrebbe definire? Uno «zio»?

Friedman ha cominciato molto prima di me, e ha lavorato per anni sul Sole. Aveva anche cominciato a lavorare sulle stelle, soltanto che lo faceva in maniera sbagliata.

In che senso?

Usava rilevatori con un campo di vista molto ristretto: una parte di cielo di soli tre gradi, che veniva spazzata mentre il razzo girava su se stesso. Non so bene perché, ma non aveva realizzato

che così facendo esplorava meno di un centesimo del cielo, e per mapparlo completamente gli sarebbero voluti più di cento lanci: avrebbe potuto continuare per vent’anni a fare le sue cose, senza mai trovare niente! E poi, non essendo un fisico, non teneva conto del disturbo provocato dallo sfondo di raggi cosmici, e non cercava di eliminarlo.

Lei come affrontò questi problemi?

Appena ho cominciato a lavorare nel campo, ho fatto due cose. Anzitutto, ho messo un’anticoincidenza contro i raggi cosmici, per diminuire il disturbo. E poi, ho aperto il campo di vista a 120 gradi. Così, fin dal primo lancio che ha funzionato sono riuscito a vedere una stella a raggi X, e a rilevare la radiazione di fondo a raggi X.

Queste scoperte sono del 1962, quarant’anni esatti prima del Nobel: si aspettava di riceverlo prima?

Forse verso il 1975.

264

E in quel caso sarebbe andato anche a Rossi e Friedman, che all’epoca erano ancora vivi?

A Rossi forse no, e a Friedman forse sì. Comunque, nel 1987 hanno dato a noi tre insieme il premio Wolf per la fisica. Il Nobel, invece, credo di essermelo meritato da solo.

Perché?

Per il telescopio a raggi X: sono io quello che l’ha inventato, l’ha sviluppato e l’ha lanciato.

Ci racconti allora l’avventura dell’osservatorio Einstein.

È stato un po’ disgraziato, poveretto. Se non l’avessero tarpato drasticamente, già allora sarebbe stato meglio di Chandra!

E invece cos’è successo?

C’è stato un problema di soldi alla NASA, perché il programma del Viking era sovrastrutturato e stava andando in deficit. Così hanno tagliato tutto a metà, letteralmente: ad esempio, il telescopio da 1,2 metri (la stessa apertura di Chandra) è stato ridotto a 60 centimetri. Ma nonostante questa drastica riduzione, con Einstein siamo riusciti a vedere ogni tipo di oggetto: pianeti, stelle normali, stelle a raggi X, galassie e ammassi.

Anche i pianeti? Come fanno a irradiare a raggi X?

Sono i raggi del Sole che, interferendo con gli elementi dell’atmosfera o della superficie dei pianeti, producono l’emissione di una radiazione caratteristica per ciascun elemento. Ormai si vedono non solo i pianeti, ma anche gli asteroidi e le aurore: Chandra ha visto in raggi X persino quella della Terra!

E un bel passo avanti, dalle prime osservazioni.

Pensi che agli inizi dell’astronomia a raggiasi riuscivano a vedere solo sorgenti che irradiavano almeno un fotone per centimetro quadrato al secondo, mentre ora c’è stato un balzo di sensibilità di miliardi di volte.

265

Diceva che, oltre gli asteroidi e i pianeti, si vedono le stelle normali.

Di loro si osserva la corona, e questo permette di esplorare le condizioni dello strato al di sotto della superficie della stella: è il suo ribollire che manda all’esterno, per convezione, l’energia che arriva dal nucleo della stella, che viene poi diffusa attraverso il campo magnetico. Le prime emissioni di raggi osservate da Friedman erano appunto di questo tipo, per la corona del Sole. Quegli studi sono continuati, e hanno permesso di capire sempre meglio come questi plasma sono riscaldati.

Poi ci sono le stelle a raggi X.

Lì è coinvolto un nuovo tipo di energia, prodotto dal moto della materia di una stella che cade nella sua compagna a neutroni, o in un buco nero: si tratta di una produzione di energia cento volte più efficiente della fusione nucleare. Non sapevamo che ci fosse, e siamo stati fortunati a scoprirla, anche se ci abbiamo messo un po’ per capire da dove arrivasse!

Poi ci sono le galassie.

In questo caso si rileva l’energia prodotta dalle quasar o dai buchi neri che stanno al centro delle galassie attive. Si tratta di due fenomeni complementari, riassumibili nel motto: « Ogni quasar diventerà il nucleo di una galassia, e ogni nucleo di una galassia è stato una quasar ». Naturalmente le quasar, come dice il loro nome (che deriva da quasi stellar radio source) sono state osservate in origine con la radioastronomia, ma una parte notevole della loro energia viene emessa a raggi X

Infine ci sono gli ammassi di galassie.

Qui invece si osserva un nuovo stato della materia, anch’esso non conosciuto in precedenza: si tratta di un gas a temperatura così alta, che l’energia vien fuori solo nei raggi X. E questo gas

riempie degli spazi così grandi, che contiene dieci volte più materia di quanta ce ne sia nelle stelle e nelle galassie. Purtroppo, però, non è ancora abbastanza per rendere conto di tutta la for-

za gravitazionale osservata nell’universo, e non risolve il problema della materia oscura.

E oltre a tutto questo, naturalmente, c’è ancora la radiazione di fondo a raggi X.

Quella fu la prima radiazione di fondo a essere scoperta, fin dal nostro primo lancio del 1962. Poi tre anni dopo Arno Penzias e Robert Wilson scoprirono quella a microonde, che però ha un’origine completamente diversa, essendo la traccia dell’esplosione iniziale del Big Bang.

Invece, quella a raggi X da cosa deriva?

Agli inizi non si sapeva se fosse veramente un fondo diffuso, oppure un effetto prodotto da molte sorgenti puntiformi che non si riuscivano a separare per la bassa risoluzione angolare degli strumenti dell’epoca. Ma fin da subito ebbe un corollario interessante, perché fu sufficiente a confutare il modello dello stato stazionario che Fred Hoyle aveva proposto in alternativa al Big Bang: la sua intensità misurata, infatti, era settanta volte inferiore a quella prevista dal modello.

Il problema della natura della radiazione di fondo è poi stato risolto?

Sì, ma ci sono voluti quarant’anni. Fin da subito io ho avuto l’idea che bastava fotografare la radiazione con un telescopio ad alta risoluzione, per decidere se era puntiforme o continua. Per calcolare la sensibilità necessaria, ho diviso l’intensità totale della radiazione per la superficie del cielo, e calcolato quanto ne veniva fuori per minuto d’arco: il risultato fu che sarebbe bastato un telescopio di 1,2 metri. Allora nel 1963 presentai alla NASA una proposta in tal senso, che prevedeva un lancio in orbita nel 1968.

Invece Chandra non andò in orbita che nel 1999!

Non è pazzesco? Io ho poi potuto usarlo per un milione di secondi, che corrispondono a una decina di giorni, e il risultato è stato che dovunque si guardi nel cielo a raggi X, quanto più

profondamente si può, si trovano sorgenti: una per minuto d'arco, all'inarca, ma un milione di volte più deboli di quelle che vedevamo agli inizi. La più debole che abbiamo visto fa arrivare un fotone al giorno: ne abbiamo visti dieci in tutto, pensi un po', ma grazie a Dio abbiamo potuto riconoscerli. Se poi si va a vedere cosa sono queste sorgenti, risulta che sono tutti buchi neri nei nuclei di galassie.

E questo spiega completamente la radiazione di fondo a raggi X?

Sì. Ma prima, naturalmente, ci sono stati interminabili dibattiti con centinaia di articoli, e molta gente ci ha fatto la tesi o il concorso a cattedra. Il primo a proporre la soluzione corretta, comunque, era stato Geoffrey Burbidge nel 1967. E Giancarlo Setti e Lodewijk Voltjer avevano calcolato nel 1972 che per spiegare la radiazione di fondo sarebbe bastato che tutte le quasar avessero avuto la stessa intensità di 3C 273, che è la più luminosa conosciuta.

Cosa c'è ancora, nel cielo a raggi X? Ad esempio, ci sono esplosioni analoghe a quelle di raggi gamma?

Certo, e sono state viste prima! Le ha scoperte nel 1974 il Satellite Astronomico Olandese (ans, Astronomische Nederlandse Satelliet). Segnalano fenomeni analoghi alle novae, solo che sono prodotti da materia che cade in una stella a neutroni, invece che in una nana bianca. Le esplosioni di raggi gamma segnalano invece la formazione di un buco nero, probabilmente.

A proposito di novae, mi ha colpito nel suo libro come i dati raccolti da Tycho Brahe sulla supernova del 1572 siano stati uniti a quelli dell'osservatorio Einstein di oggi, per dare una descrizione completa di ciò che era accaduto allora: una sorta di esperimento durato quattrocento anni, compiuto dalla «comunione spirituale» degli astronomi.

È vero. Ma stiamo attenti con quella espressione, perché la comunione spirituale degli astronomi non è sempre una bella cosa! Ai tempi di Tycho Brahe, per esempio, c'era un enorme consenso nella comunità, che però sapeva meno di astronomia

di quanto se ne sapesse ai tempi di Tolomeo. E Tycho Brahe e gli altri come lui hanno dovuto andare contro la comunità, per far nascere l'astronomia moderna.

Che però, oggi, ha ceduto il passo alla Big Science.

Sì, e non solo per la questione dei finanziamenti. C'è anche il fatto che Hubble o Chandra non sono più come i vecchi osservatori, dove un astronomo poteva andare a smanettare per conto suo: un

satellite ha bisogno di un computer per funzionare, e i telescopi sono completamente automatizzati. Il risultato è che vengono usati da astronomi che non hanno più nessuna idea di cosa stia succedendo.

Lei, che ha sempre visto così lontano, cosa prevede per il futuro dell'astronomia?

Il cosiddetto « osservatorio virtuale », che noi abbiamo già realizzato per l'astronomia a raggi X.

Che sarebbe?

Un grande data base con tutti i dati provenienti dai satelliti, a disposizione di chiunque lo voglia consultare e usare: basta mettere le coordinate di un punto del cielo, e si trovano tutte le misure che sono state fatte su quel punto in qualunque osservatorio. Questa è la vera rivoluzione dell'astronomia.

E per il pubblico, cosa si fa?

È già stato fatto un enorme sforzo per rendere accessibili le immagini che si ottengono da questi strumenti. E l'interessante è che questo enorme lavoro non è affatto inutile o superfluo: basta guardare le fotografie di Hubble, ad esempio, per ottenere informazioni importanti anche dal punto di vista teorico.

Ad esempio?

Se si confrontano le immagini del cielo fatte a grandi distanze, e dunque molto indietro nel tempo, si vede anche a occhio nudo che non sono molto diverse da quelle che si ottengono semplicemente fotografando il cielo notturno di oggi.

E questo cosa significa? Che l'universo è stazionario?

Quello sarebbe troppo. Ma significa comunque una cosa che non sapevamo: che la formazione di stelle e galassie è avvenuta molto prima di quanto pensassimo. E questo lo si capisce semplicemente da una fotografia! Non è un bell'incentivo a cercare di condividere sempre più con il pubblico i risultati della ricerca scientifica?

4)

SHELTON G1ASHOW

In natura esistono varie forze, che a prima vista appaiono diverse fra loro. Già nell’Ottocento, però, James Maxwell dimostrò che due di queste forze, l’elettricità e il magnetismo, sono in realtà soltanto aspetti complementari di un’unica forza, chiamata appunto elettromagnetismo.

Il successo di questa prima « teoria unificata » stimolò Albert Einstein a cercare per tutta la vita, inutilmente, un’unificazione dell’elettromagnetismo con la gravita. Parte del motivo per cui il suo tentativo fallì fu che, nel frattempo, si erano scoperte due nuove forze da aggiungere alla lista di quelle da unificare: le forze nucleari debole (responsabile del decadimento radioattivo) e forte (responsabile della coesione del nucleo).

Un primo passo verso la realizzazione del sogno di Einstein fu compiuto nei primi anni ’60 da Sheldon Glashow, Steven Weinberg e Abdus Salam, che trovarono una nuova unificazione: questa volta, dell’elettromagnetismo e della forza nucleare debole, nella cosiddetta forza elettrodebole. Per questo risultato, i tre condivisero il premio Nobel per la fisica nel 1979.

Un secondo passo fu compiuto nei primi anni ’70 da David Gross e Frank Wilczek, che unificarono la forza elettrodebole con la forza nucleare forte in una sintesi chiamata QCD, « quantocromodinamica », per la quale anch’essi condivisero il premio Nobel per la fìsica nel 2004.

Rimane ancora aperto, invece, il problema di unificare la quantocromodinamica con la gravita nella cosiddetta « gravita quantistica » o « teoria del tutto », di cui la teoria delle stringhe di Edward Witten sembra essere al momento la versione più accreditata.

Glashow ha scritto di questi argomenti in maniera divulgativa nel suo libro Interazioni (Warner Books, 1988), e ne ha parlato con noi il 1 dicembre 2003, nel suo ufficio alla Boston University.

271

Ho letto che lei ha cominciato come Galvani, giocando con le rane: è vero?

Non proprio con le rane, ma con microrganismi che coltivavo e osservavo. E avevo anche un laboratorio di chimica in garage, dove facevo ogni sorta di cose terribili. Ho seguito il percorso tipico del sistema educativo americano, che va dalla biologia alla chimica alla fisica.

E sembra che le piacesse anche giocare al biliardo.

Mi piace ancora! E ho dimostrato quello che ho chiamato il teorema fondamentale del biliardo: che la traiettoria della palla da

biliardo è una parabola, sotto certe condizioni relative all’attrito. È un risultato banale, ma richiede la conoscenza del prodotto vettoriale, e per questo è stimolante per gli studenti.
Un’altra delle cose inutili che ho scoperto recentemente, e che qualcuno ha poi pubblicato sulla Physical Review, è che sotto le stesse condizioni di attrito, nel pattinaggio su ghiaccio i movimenti traslatorio e rotatorio del pattinatore si fermano allo stesso tempo.

Lei e interessato all’insegnamento, sembra.

Sì, e ho anche pubblicato Dall’alchimia ai quark: un libro di fisica per studenti non di fisica o, come qualcuno ha detto, « per poeti che sanno contare », con molti aneddoti storici.

Vedo che c’è l’uruboro in copertina: come mai?

Perché l’ho adottato, anni fa, come simbolo dell’unificazione tra il grande e il piccolo: ad esempio, del fatto che la gravita, che è tipica dei fenomeni cosmologici e a basse energie, diventa anche importante nei fenomeni atomici ad alte energie, in una sorta di chiusura del cerchio.

Che tipo di aneddoti racconta nel libro?

Ad esempio, quello su un supposto risultato di Newton: il quale naturalmente era un genio, ma quando barava, barava grosso. Si inventò una bella formula per calcolare la velocità del

suono (la radice quadrata della pressione sulla densità), ma quando provò ad applicarla si accorse che dava un errore del
25 per cento. E allora che fece? A una parte dell’errore rimediò inventandosi che bisogna tenere conto della « crassità » dell’aria, un concetto senza nessun senso. E a un’altra parte sostenendo che bisogna usare la densità dell’aria pura inglese, la quale si ottiene escludendo i vapori stranieri: francesi, probabilmente. Insomma, una vera truffa!

Non era semplicemente un prodotto dei suoi tempi, come disse Keynes?

Sarà, ma dopo la sua morte gli scienziati lo considerarono come i filosofi avevano considerato Aristotele: ipse dixit, « l’ha detto Newton ». Il risultato fu che, poiché lui aveva detto che non si potevano fare lenti acromatiche, per centocinquant’anni nessuno provò a farle. O che, poiché aveva detto che la luce era corpuscolare, così doveva essere, nonostante fosse stato proprio lui a dare la migliore evidenza della teoria ondulatoria, con quelli che si chiamano appunto « anelli di Newton ».

Insomma, non le piace proprio!

Anche perché a volte è abbastanza difficile seguire il suo pensiero, in parte perché si ostinò a scrivere in maniera geometrica tutti i risultati che aveva ottenuto con l'analisi. Per un moderno è impossibile leggerlo, ormai.

Lo faceva perché voleva essere letto dai suoi contemporanei.

Ah, quelli! Lo sa perché ha detto la sua famosa frase: « Se ho visto così lontano, è perché sono salito sulle spalle dei giganti »?

Per dare un tributo a Galileo e Keplero.

Apparentemente. Ma lui aveva una grande rivalità con Robert Hooke, che fu il primo a postulare la legge dell'inverso del quadrato della distanza. La maggior parte della loro corrispondenza non è molto educata, e in una lettera che Newton gli scrisse c'è quella frase, di cui non si capisce la cattiveria fino a quando non si viene a sapere che Hooke era... un nano!

A proposito di rivalità, che mi dice della sua con Weinberg?

I nostri sono stati percorsi paralleli: prima compagni di scuola, nel Bronx; poi compagni d'università, a Cornell; poi colleghi, prima a Berkeley e poi a Harvard. E, naturalmente, compagni di Nobel nel 1979.

Come ricorda invece Julian Schwinger, con cui ha fatto il dottorato?

Come un tipo molto interessante, anche se era difficile fargli domande: metteva bene in chiaro che non gli piaceva che gliene facessimo in classe. E se uno le faceva lo stesso, lui non rispondeva. Si assicurava che alla fine delle lezioni la lavagna fosse piena di formule, e che noi stessimo disperatamente cercando di scriverle sugli appunti, mentre lui se la batteva. Comunque, era un insegnante spettacolare.

Come Feynman?

No, completamente diverso. Scriveva in perfetta calligrafìa, e parlava in perfetto inglese, con la voce da annunciatore televisivo: Feynman non era certo così. E poi faceva ricerca in classe, direttamente sulla lavagna, pensando ad alta voce: noi vedevamo veramente la sua mente al lavoro. Ci affascinò talmente che gli chiedemmo la tesi in una dozzina, e lui ci accettò tutti.

Ricorda qualcuno di quella dozzina?

Daniel Kleitman, ad esempio, che in seguito scoprì un libro di Erdos sui problemi insoluti della matematica e incominciò a risolverli, mandandogli le soluzioni a Budapest. Erdòs volle sapere chi era quel tipo che gli risolveva tutti i problemi, e alla fine lo convinse a diventare un matematico combinatorio. E anche a farsi fare le dichiarazioni delle tasse, visto che quelle cose lui non le sapeva fare: era un insopportabile parassita.

Cosa le insegnò Schwinger?

Lui fu uno dei primi, e forse il primo in assoluto, a pensare all'unificazione elettrodebole e a vedere profonde analogie tra le

proprietà delle interazioni deboli e la teoria dei gruppi. Io mi misi a giocare questo gioco, e nella mia tesi incominciai a usare il gruppo SUO). Alla fine mi accorsi che solo con quello la cosa non funzionava, ma si poteva invece fare con SU(2) x U(ì).

Quei gruppi erano già conosciuti, o doveste tirarli fuori dal cappello voi?

I fisici in genere non li conoscevano, perché fino agli anni '60 si studiavano soltanto i gruppi di rotazione e le loro rappresentazioni. Ma Heinsenberg conosceva SU(2), e suggerì di considerarlo non appena fu scoperto il neutrone: Schwinger ne usò tre copie per la sua teoria, che lui chiamava simmetria globale, ma la cosa non funzionò. U{\) invece fu introdotto da Gell-Mann, benché lui non lo chiamasse così. E io capii che mettendo i due gruppi insieme, tutto funzionava perfettamente.

Questo nel famoso articolo con Schwinger che fu perso?

Non fu perso, in realtà: semplicemente non fu mai finito, perché lui si stufò della fisica delle particelle e passò alla fìsica della materia condensata. Tra l'altro, con meravigliosi risultati, anche se a un certo punto uscì di testa e cominciò a fare cose che solo lui capiva.

Quali altri gruppi sono stati usati in seguito?

Gell-Mann introdusse SU(ò) per studiare certe proprietà delle interazioni deboli, per le quali si capì poi che non c'era nessun bisogno della teoria dei gruppi. Ma verso il 1973, quando emerse la quantocromodinamica per le interazioni forti, SU(3) trovò il suo ruolo nel cosiddetto Modello Standard col gruppo 517(3) x SU(2) x £/(l).
Nel 1974 Howard Georgi e io ci chiedemmo quale gruppo semplice poteva contenere tutte quelle cose, e scoprimmo che una risposta naturale era SU(5). Il finale a sorpresa fu che la nostra teoria

previde che i protoni avrebbero dovuto essere instabili: questo motivò due grossi esperimenti sul decadimento del protone, perché la teoria lo prediceva a una certa specifica energia. Gli esperimenti fallirono, e con loro la teoria, anche se

oggi ci sono delle sue versioni supersimmetriche, basate su altri gruppi, che sono ancora in corsa.

A proposito, cosa pensa della supersimmetria?

È una teoria che non implica niente, se non il fatto che c'è un numero doppio di particelle: sarebbe bello se ci fossero, ma finora non sono state osservate. Qualcuno spera che le trovi il prossimo acceleratore, lo Hadron Collider, che è l'unico che oggi si sta costruendo, e forse l'ultimo.

E della teoria delle stringhe?

Continuo a pensare quello che ho scritto nel 1986, in un articolo per Physics Today intitolato « Cercasi superstringa disperatamente»: che la teoria delle stringhe è letteralmente fallita. L'idea originaria degli anni '80 era di trovare una teoria unica che spiegasse perché ci sono i quark, e perché le particelle hanno le loro caratteristiche. Ma oggi si è capito che c'è un numero enorme di possibili vuoti, senza nessuna idea di quale sia il nostro.

Qualcuno invoca il principio antropico per isolarlo.

Quella però non è fisica! Naturalmente, è ovvio che le costanti di natura sono tali da permettere la nostra esistenza, ma non credo che questa banalità permetta di predire cose precise come il numero dei quark.

Forse la teoria delle stringhe fa lo stesso sbaglio di Einstein, di cercare una teoria unificata credendo che le forze note siano tutte quelle esistenti?

La cosa è certamente prematura. Anche se loro in realtà non cercano di unificare niente, perché non partono dal Modello Standard. Se la cosa funzionasse, allora a posteriori potrebbero dire di aver unificato questo e quello. Ma sono troppi ordini di grandezza distanti da noi, ed è tutto semplicemente ridicolo.

Crede che tra le forze nucleari e la gravita ci siano altre forze, non ancora scoperte?

Naturalmente. Ci sono molte proposte speculative e affascinanti, che potrebbero entrare in gioco a energie disponibili in un futuro prossimo.

E per questo che lei ha chiamato la teoria del tutto « una stupidaggine»?

Ormai nemmeno loro usano più molto quell’espressione: d’altronde, cosa significa « tutto »?

È possibile che in fisica ci siano limitazioni analoghe a quelle che Gödel ha scoperto per la matematica?

Certamente ci sono limitazioni sull’energia possibile degli acceleratori. E se non si possono usare certe energie, non si può speculare su di esse. Anche se ciò che oggi sembra impossibile, domani potrebbe rivelarsi fattibile: ad esempio, l’energia dello Hadron Collider è già pari al limite che Fermi aveva calcolato per gli acceleratori negli anni ’50, immaginando un percorso attorno all’equatore e l’impiego delle migliori tecnologie disponibili allora (per esperimenti a bersaglio fisso, non con raggi incidenti).

Si potrebbe provare ad andare attorno all’equatore con la tecnologia di oggi.

Sarebbe un po’ caro, temo. E poi, l’entusiasmo mondiale per questi giochi si è un po’ spento: se non succede qualcosa di molto eccitante, il sipario potrebbe chiudersi presto.

E non sarà un problema per la fisica?

Chissà. Ma in fondo ce la siamo cavata bene, finora: fin dagli anni ’30, abbiamo una teoria completa del mondo basata su elettroni, protoni e neutroni. È solo se si vuole capire il nucleo delle cose, che le cose si complicano...

5)

BRIAN JOSEPHSON

Tra le molte stranezze della meccanica quantistica, causate dalla duplice natura di onda e di particella degli oggetti microscopici, c’è il cosiddetto effetto tunnel: la possibilità, cioè, che un elettrone a volte riesca a superare una barriera passandole sopra, per così dire, sulla cresta della sua onda, mentre invece rimbalzerebbe sempre indietro se si limitasse a lanciarlesi contro come una particella.

Nel 1962, quando aveva solo ventidue anni ed era ancora uno studente universitario del second'anno, Brian Josephson riuscì a spiegare teoricamente il fenomeno. Nel 1973, quando aveva solo trentatrè anni ed era ancora un assistente universitario, vinse il premio Nobel per la fisica. Oggi, che ha ormai sessantacinque anni e dirige il Progetto di Unificazione tra Mente e Materia del Laboratorio di Cavendish, è diventato una sorta di difensore delle cause perse della scienza o, se si preferisce, un paladino di quelle non ancora vinte.

Lo abbiamo incontrato a Lindau il 28 giugno 2005, in occasione dell'annuale incontro dei Nobel con gli studenti, per parlare con lui dei suoi non convenzionali interessi, che vanno dalla meditazione alla telepatia.

Lei cita spesso i libri di David Bohm, soprattutto Universo, mente e materia (Rea, 1996): l'ha conosciuto personalmente?

Non ho mai avuto interazioni utili con lui: non sono il tipo di persona che in genere riesce a interagire bene con gli altri.

Cosa pensa, però, dei suoi concetti di « ordine implicato » e di « significato a ogni livello »?

Credo che siano molto importanti, e che introducano una prospettiva biologica di cui la fisica ha molto bisogno.

278

Lei è arrivato a proporre un parallelo tra l'ordine implicato e l'esperienza trascendentale o mistica: in che senso?

È più che altro una speculazione, senza vere prove. Ma credo che, come attraverso i sensi ordinari percepiamo la realtà macroscopica della fisica classica, così attraverso la meditazione possiamo arrivare a percepire la realtà microscopica della fisica quantistica, e attraverso l'esperienza trascendentale l'ordine implicato.

Sì può veramente arrivare a percepire il livello atomico della realtà attraverso la meditazione? Così come si possono percepire fotoni isolati adattando l'occhio al buio?

Lo sa che l'esistenza degli isotopi è stata congetturata in seguito a un'osservazione psichica? C'è stato un articolo su Physics World, al proposito: sembra che Francis Aston, che poi vinse il premio Nobel per la chimica nel 1922, conoscesse il lavoro di qualche teosofo che aveva già disegnato varie figure di atomi, inclusi alcuni isotopi.

Quanto all'esperienza trascendentale, ci potrà mai essere una teoria matematica del misticismo?

Matematica no, ma si possono trovare dei principi generali che spieghino come funziona. E questi principi potrebbero essere usati per costruire una teoria della mente, che renda conto dei vari livelli di specificazione di significato.

Lei sembra basare alcune delle sue teorie al proposito sul teorema di Bell: qual è il suo significato profondo?

È una manifestazione della non località e dell'interannettività, ma credo che non lo capiamo ancora completamente. Io penso che la « vera » fisica andrà oltre quella attuale.

Cioè, la fisica di oggi non ha ancora raggiunto il suo terzo livello, oltre a quelli classico e quantistico?

Il terzo livello esiste già, ed è la mente. Ma noi non capiamo ancora in che modo essa si adatti al resto: bisogna incominciare

a parlare di variabili biologiche e psicologiche, e immetterle nella descrizione del mondo.

Superando la meccanica quantistica?

Anche la meccanica quantistica è una teoria in evoluzione, benché se ne parli in genere come se fosse compiuta. E può darsi che una sua possibile evoluzione riesca a rendere conto del ruolo della mente.

Ma non l'ha fatto fin dagli inizi? Intendo con tutti i tentativi, da von Neumann a Wigner, di spiegare il collasso della funzione d'onda mediante un intervento della coscienza dell'osservatore?

Sì, ma non mi sembra che essi spieghino in che modo la coscienza si integra col resto della teoria.

Lei cosa pensa, al proposito?

Che la meccanica quantistica sia una teoria emergente. C'è un libro di Stephen Adler che si intitola proprio così: La teoria quantistica come fenomeno emergente.

Emergente nel senso della termodinamica, che emerge dalla meccanica in maniera statistica? E se così fosse, non sarebbe un ritorno alle variabili nascoste?

In un certo senso, lo è. Ma Adler crede che qualche proprietà dinamica sia in grado di portare a fenomeni di natura quantistica, compreso il collasso della funzione d'onda. Naturalmente si tratta

di teorie ignorate e rimosse: se si cerca di pubblicarle in riviste accademiche, in genere non sono accettate.

Perché sembra esserci una resistenza così forte a parlare della mente in fisica?

L'incontrare o no meno resistenza è un fatto casuale. Nel mio caso, forse è una questione di status scientifico.

Mi pare strano: cos'altro può dare più status di un premio Nobel per la fisica?

280

Il fatto è che molti non mi considerano come uno le cui idee siano degne di considerazione.

Certo accettano i suoi contributi all'effètto tunnel! Magari rifiutano le sue idee sulla mente.

Non le considerano perché altrimenti dovrebbero prenderle seriamente, ed è proprio quello che non vogliono fare.

Questo la secca?

Certo. Anche se poi la gente finisce per riconoscere che ho sempre avuto ragione.

Sempre?

Sì. Per quanto riguarda le mie teorie, naturalmente. Ad esempio, sulla fusione fredda: ormai l'evidenza a favore è tale che dovrebbe essere accettata. Ma la gente preferisce far fìnta di niente e non vedere, invece di ribattere apertamente.

Non pensa che se qualcosa veramente funziona, prima opoi verrà accettata?

Non se si continuano a ignorare i risultati a suo favore! Da molto tempo mi sono accorto che, quando si parla di certi argomenti, la gente fa orecchi da mercante e rifiuta di vedere che due più due fa quattro.

A proposito di rifiuti, che cosa è successo con le Poste inglesi?

Nel 2001, nel centenario dei premi Nobel, decisero di fare un'edizione commemorativa di sei francobolli, e chiesero a sei persone di commentarne brevemente uno ciascuno. A me toccò la fisica, e poiché mi avevano chiesto di guardare anche al futuro, nell'ultimo paragrafo scrissi che «gli sviluppi della teoria dei quanti potrebbero portare alla spiegazione di processi non ancora

compresi nell’ambito della scienza tradizionale, come la telepatia».

L’ha fatto apposta, per provocare?

Certo. Pensavo che non l’avrebbero passato: invece lo lasciaro-

281

no, e scoppiò un putiferio. Ma uno dei responsabili delle pubbliche relazioni delle Poste poi mi disse: « Peccato non aver immaginato che avrebbe attratto tutta questa attenzione, se no le avremmo chiesto di scriverne di più ».

Su che cosa basa l’idea che la telepatia sia un fenomeno quantistico?

Sulla coerenza e la non località, ovviamente. Ma ci sono anche dei risultati specifici sul fatto che si possano trasmettere segnali a distanza come fluttuazioni, in maniera consistente con la meccanica quantistica.

Lei dunque crede veramente che la telepatia esista?

Sì.

E l’omeopatia?

Sono tutti fenomeni non spiegabili in maniera convenzionale, e per qualche motivo sistematicamente negati. Io mi sono quindi preso questo compito, di considerarli obiettivamente.

Ma ha qualche motivo speciale per crederci?

La meditazione fornisce la capacità di pensare a cose che non si adattano a un paradigma.

E fornisce anche un supporto a questi fenomeni? Più precisamente, lei ha mai avuto comunicazioni telepatiche?

Ho avuto qualche esperienza di interconnessione tra persone: ad esempio, durante le lezioni.

Nel senso di capire cose che non vengono dette?

No, è più simile alla sensazione di collegarsi a un computer. Anche se si tratta più di un lavorare insieme delle menti, che non di una trasmissione di segnali.

E si curerebbe con medicine omeopatiche, se fosse malato?

Non ho ancora trovato niente che funzioni su di me. Ma ci sono stati esperimenti che cercano di verificare se la memoria

d'acqua possa essere considerata come un tipo di coerenza, ad esempio.

Mi sembra quindi che per lei non si tratti (soltanto di credere a tutte queste cose, quanto di non volerle negare solo perché non rientrano nella scienza attuale.

Quello che succede spesso in casi simili è che poi arriva qualcuno e spiega cose che fino ad allora apparivano assurde. Pensi, ad esempio, alla teoria della deriva dei continenti di Wegener, o all'ipotesi che i meteoriti arrivassero dallo spazio, o persino all'esistenza dei neutrini proposta da Pauli: tutte cose che oggi sono accettate, ma che non lo sono sempre state!

Passando a fenomeni più normali, lei ha elaborato una teoria sul significato della musica.

E ho anche composto un brano!

Uno solo?

Già quello mi ha richiesto sedici anni!

Addirittura! Come mai?

Perché non conosco la musica: ho dovuto inserire una nota alla volta in un programma di computer.

Come si chiama il brano?

«Armonia agrodolce. »

Per che tipo di strumenti è?

In principio era per violino solo. Poi mi è venuta la voglia di alternare un coro.

E di cosa parla?

Di niente.

Ma allora cosa canta il coro?

Non ci sono parole, solo vocalizzi.

Veloci o lenti?

Molto lenti: tipo un lamento. Agli inizi c'erano solo cinque note, che sembravano ripetersi indefinitamente. Poi mia madre mi ha detto che non era una buona idea continuare all'infinito sempre con le stesse note, così a un certo punto ne ho cambiate due, e ho elaborato anche altri aspetti. Insomma, il brano si sviluppa, anche se in maniera un po' minimalista.

Lei sembra abbastanza soddisfatto, mentre ne parla.

Vero. Qualcuno trova addirittura che assomigli un po' a Sibelius.

Ma perché ha cominciato a comporre?

Durante alcune sedute di musicoterapia, ho imparato che era più terapeutico scrivere la musica che sentirla. E che la musica ha un significato profondo, nonostante ciò che in genere si pensa.

Terapia per che cosa, se posso chiedere?

Vede, io ho ottenuto i miei risultati molto presto, a ventidue anni. Poi ho avuto un periodo improduttivo, e ho dovuto farmi curare.

Ed è stato allora che ha cominciato a meditare?

Sì. La meditazione può avere avuto un effetto stabilizzante.

Che tipo di meditazione pratica?

Ora lo raj yoga della scuola di Brahma Kamari. Molti anni fa, invece, la meditazione trascendentale di Mahesh Yogi.

E meditando è mai riuscito a percepire il livello atomico?

No, perché sono disturbato dai problemi che mi spingono a meditare.

Dunque non ha ancora raggiunto l'illuminazione!

Già. Ma ho seguito pratiche yoga per la levitazione, e un paio di volte mi ci sono avvicinato.

Sta parlando di una sensazione psicologica?

No, no, di un movimento fisico. Ma non tipo una sospensione nel vuoto: più che altro ci si muove senza sforzo apparente, un po' come gli astronauti sulla Luna. Una volta, per un momento ho proprio avuto la sensazione di volare. Un'altra volta, ho sentito

una riduzione di peso mentre stavo fermo. Ma conosco gente che dice di essersi effettivamente sentita alzare da terra. Naturalmente, sono tutte esperienze molto soggettive.

In Sta scherzando, Mr. Feynman! si racconta come si possono ottenere esperienze fuori del corpo, stando nella vasca di deprivazione sensoriale. Lei ne ha mai avute?

Io no. Ma una mia amica sì: una volta l'ho incontrata, e l'indomani mi ha domandato se avevo notato qualcosa che non andava, perché il giorno prima lei non era nel suo corpo. La gente a volte è strana...

Sarebbe difficile non concordare.

6)

ROBERT LAUGHLIN

Nel 1897 Edwin Hall scoprì quello che oggi si chiama appunto effetto Hall: il fatto, cioè, che se un conduttore attraverso cui passa una corrente viene immerso in un campo magnetico a esso perpendicolare, la corrente subisce una deviazione laterale. Hall dedusse che la corrente elettrica doveva essere prodotta dal moto di uno sciame di particelle cariche, che subiva l'effetto del vento magnetico: la cosa fu confermata nel 1897 dalla scoperta dell'elettrone da parte di Joseph Thompson, che vinse per questo il premio Nobel per la fisica nel 1906.

Nel 1980 Klaus von Klitzing scoprì l'effetto Hall quantistico: a basse temperature e alti campi magnetici gli elettroni dello sciame iniziano a danzare, seguendo percorsi le cui dimensioni sono multipli interi inversi (ad esempio, 1/2 o 1/3) di una costante fondamentale detta quanto di resistenza o klitzing, esprimibile come combinazione {h/e2) della carica dell'elettrone e e del quanto di azione h, e misurabile con strumenti classici come il voltmetro e l'amperometro. Per questa scoperta, von Klitzing vinse il premio Nobel per la fisica nel 1985.

Nel 1982 Horst Stòrmer e Daniel Tsui scoprirono un ulteriore effetto Hall quantistico frazionario: a temperature ancora più basse e intensità di campo magnetico ancora più alte, le dimensioni dei percorsi di danza degli elettroni possono essere multipli frazionari (ad esempio, 3/2 o 5/3) della costante di von Klitzing. Nel 1983 Robert Laughlin diede una spiegazione teorica del fenomeno, secondo la quale lo sciame di elettroni si condensa in un fluido quantistico formato di quasi-particelle a carica frazionaria. Per questa ulteriore scoperta, i tre vinsero il premio Nobel per la fisica nel 1998.

La spiegazione di Laughlin ha forti ricadute filosofìche, da lui stesso affrontate in Un universo diverso (Codice, 2005): essa non è infatti riducibile al comportamento dei singoli elettroni, secondo il modello classico che valse nel 1962 il premio Nobel

286

a Lev Landau, ed emerge invece dalla coreografìa della loro danza collettiva. Abbiamo discusso con lui di questi argomenti il 17 gennaio 2006 in collegamento dal kaist, l'Istituto Coreano Avanzato di Scienza e Tecnologia che Laughlin attualmente dirige.

Lei ha detto che in gioventù ha seguito il motto: «Fallo da solo, metti tutto in discussione ed esponi il pregiudizio ». Lo proporrebbe anche ai giovani d'oggi?

Solo a qualcuno. La maggior parte delle famiglie degli studenti che incontro ha altre idee: vogliono che i loro figli studino le cose che servono e non perdano tempo con le altre, e io non cerco di sedurli. Ma se qualcuno sceglie la strada « sbagliata » per conto suo, allora a quelli il motto lo insegno.

Anche in Corea?

Soprattutto in Corea! Sembra che gli studenti orientali siano abituati a reprimere i loro desideri e ad accontentarsi di perseguirli come passatempi, invece che come carriere. Il governo coreano mi ha allora chiesto di incoraggiarli apertamente, e di impartire loro il mio motto come una specie di medicina.

A proposito di desideri, la musica è uno dei suoi? Lo chiedo perché sul suo sito lei ha messo varie sue composizioni.

Purtroppo ho scoperto tardi che capivo il linguaggio musicale, solo verso i quarant'anni. Stavo curiosando in una libreria e mi sono imbattuto nel libro di Charles Rosen Lo stile classico, in cui si spiegava in maniera chiarissima che c'era una teoria dietro alla composizione, e che per comporre bastava impararla. Allora mi sono detto che come fisico teorico potevo ben capire una teoria! Così ho comprato il libro, sono tornato a casa e l'ho fatto.

E la sua musica riflette la sua mentalità di fisico?

Molto accuratamente: se vuole sapere che tipo di persona io sia, quei pezzi glielo diranno. Sono tutti molto logici, quasi come

287

saggi, e possono essere smontati e capiti. Sono anche un po' retro, votatamente: con molto messaggio e pochi arzigogoli, un po' troppo lirici e un po' troppo onesti. Io sono così.

Le sarebbe piaciuto diventare un musicista, col senno dipoi?

Se potessi tornare indietro, farei il compositore di musiche da film. Sono un fan di James Horner e Danny Elfman, e quando guardo un film con una loro colonna sonora, come A Beautiful Mindo Will Hunting, genio ribelle, quasi non me lo godo, perché cerco sempre di capire come l'hanno composta.

Ma invece del conservatorio lei ha cominciato ingegneria, e poi si è laureato in matematica.

In realtà, da ingegneria ero passato a fisica, ma proprio alla fine ho fallito un esame di laboratorio: così ho usato gli esami che avevo dato per laurearmi in matematica.

Ma come, un futuro premio Nobel che fallisce un laboratorio?

Ero depresso, dopo che Nixon aveva reintrodotto il sorteggio per la leva: era stato estratto un numero molto vicino al mio, e questo voleva dire che avrei dovuto scegliere fra la renitenza e il Vietnam. Alla fine ho scelto di obbedire alla legge, ma per fortuna mi hanno mandato in Europa invece che in Oriente.

Come sono confluite le esperienze di ingegnere e matematico nel suo successivo lavoro di fisico?

Mi continua a piacere l'ingegneria, come dimostra il fatto che attualmente sono rettore di un politecnico, ma ho una vena artistica che è troppo borghese per un ingegnere professionale. Quanto alla matematica, ho scoperto in seguito che è un'impresa senza clienti, ma come educazione è stata ottima.

Passando appunto al suo lavoro, come descriverebbe le quasi-particelle che ha usato per spiegare l'effetto Hall quantistico?

Una quasi-particella è semplicemente una particella, e non ci sono differenze fisiche fra l'una e l'altra: non più di quante ce ne siano tra il dentifricio e il dentifricio sbiancante. Le

due parole sono solo posizioni politiche di gruppi di persone che cercano di «appropriarsi » dell'idea.

Ma le quasi-particelle non sono composte di elettroni, e dunque di altre particelle?

La supposta differenza è che una particella sarebbe un costituente reale della natura, mentre una quasi-particella sarebbe una costruzione fittizia: è la stessa differenza che c'è fra i mattoni e le case, dove i mattoni sono costituenti e le case costruzioni.

Ma la distinzione è artificiale e la fanno gli uomini, in entrambi i casi.

Vuol dire che gli elettroni non sono più fondamentali degli sciami di elettroni?

Esatto, perché comunque anche gli elettroni possono essere costruiti dal nulla, come tutte le altre particelle « fondamentali »! Il che significa che c'è qualcosa di sbagliato nel pensare che lo spazio sia un «nulla»: piuttosto, è una sostanza come il silicone. Le particelle sembrano materializzarsi dal nulla, ma in realtà vengono semplicemente sbalzate via da questa sostanza secondo le leggi della QED, la quantoelettrodinamica per cui Feynman è diventato famoso.

Perché ha parlato di silicone?

Perché il processo è analogo a quello in cui gli elettroni vengono sbalzati via da un microchip. E naturalmente l'elettrone mobile nel silicone non è veramente fondamentale, perché mentre si muove trasporta con sé le distorsioni dello spazio provocate dagli altri elettroni che gli stanno attorno: più o meno come una persona che, mentre si gira sul materasso, porta con sé le distorsioni provocate dalle altre persone che stanno sul materasso.

Cosa sono, invece, le cariche frazionarie?

Fino a qualche tempo fa una legge empirica della natura diceva che le particelle hanno una carica intera, ma poi si è scoperto che i quark ne hanno soltanto un terzo. Analogamente, fino

a qualche tempo fa si credeva che le cose che si sbalzano via da un pezzo di silicone avessero una carica intera, ma poi si è scoperto che in certi polimeri conduttori, e più precisamente nel poliacetilene, si poteva sbalzare via qualcosa che collettivamente aveva una carica frazionaria, più precisamente un mezzo o un terzo.

E la stessa cosa succede nell'effètto Hall frazionario?

Sì, e il mio contributo è stato appunto capire che la scoperta di Stòrmer e Tsui era un esempio particolare e meraviglioso dell'effetto poliacetilene, e che gli elettroni si organizzano in una speciale « sostanza » le cui quasi-particelle hanno una carica frazionaria, che è poi stata effettivamente osservata in esperimenti in Francia e in Israele.

Nella sua autobiografia lei racconta che quando andò a fare un seminario a Berkeley su queste cose, Emilio Segre le chiese subito

se ci fosse una relazione tra le quasi-particelle e i quark, ma non dice quale fu la sua risposta.

Certamente i quark non sono fondamentali, e sono invece quasi-particelle dello spazio-tempo: lo stesso Murray Gell-Mann, che li ha inventati, agli inizi se li immaginava così.

Quasi-particelle fatte di cosa?

Questo è un problema che mi angustia dal 1985. In molti pensiamo che abbiano qualcosa a che fare con fenomeni critici: materia sospesa in una transizione di fase vicino allo zero. Ma è meglio non addentrarsi in queste cose tecniche.

Parliamo allora di cose più filosofiche, come la sua mancanza di fiducia nel riduzionismo.

Nietzsche ha detto una volta che si perde la fiducia in un supposto esperto quando si scopre che non sa spiegare le cose semplici. Nel caso della fisica, se uno ha già bisogno di conti mostruosi per calcolare correttamente le proprietà di atomi e molecole, che cosa dovrà mai usare per i quark o le superstringhe? È questo che ho scoperto fin da studente: che i fisici avevano le

idee profondamente confuse sul fatto che molta della fisica non è deduttiva ma sperimentale.

La fisica atomica, intende?

Non solo. Ad esempio, ci sono teorie fisiche che invocano il « caos » per spiegare la turbolenza dei fluidi, ma si scopre presto che sono gli ingegneri aeronautici a capirla veramente: il motivo è che loro la misurano, senza preoccuparsi di dedurla da princìpi primi. Naturalmente ci sono ingegneri che sviluppano ottimi programmi di simulazione, ma sanno benissimo che poi dovranno apportare correzioni per far sì che le simulazioni si conformino agli esperimenti.

Nel suo libro lei assegna una valenza epocale alla scoperta della costante di von Klitzing, dicendo che ha segnato la fine dell'era del riduzionismo e l'inizio dell'era dell'emergenza. In che senso?

Nessuno aveva anticipato la stupenda accuratezza di quella costante. Se io avessi previsto in un articolo che le sue misure avrebbero dato sempre lo stesso risultato, fino a nove cifre decimali, sarei stato preso per matto. Questa accuratezza è il segno che è stata scoperta una nuova legge della natura.

Che sarebbe?

Qualche principio naturale di organizzazione collettiva che rende assolutamente affidabili le misure di questa costante. Il che è l’esatto contrario della fede quasi religiosa che riduce l’affidabilità alla supposta esistenza di « mattoni » fondamentali.

Lei però dice che tutte le leggi fisiche hanno un’origine collettiva. Anche la meccanica classica?

Certo. Per capire da dove arrivano le sue leggi si divide la materia in pezzetti sempre più piccoli, e a un certo punto ci si accorge che quelle leggi cessano di valere, e vengono rimpiazzate dalle leggi della meccanica quantistica. In genere si pensa che ci debba essere una « deduzione » delle leggi della meccanica classica da quelle della meccanica quantistica, ma in realtà non c’è. Il fatto è che le leggi classiche semplicemente svaniscono se le si

guarda troppo da vicino, ed emergono solo quando ci si allontana, come succede coi dipinti di Monet.

In biologia la cosa e ancora più evidente, immagino.

Esatto. Ad esempio, anche le persone sono come i dipinti di Monet, e si possono mettere a fuoco soltanto allontanandosi gradualmente dalle cellule. Le cellule possono diventare persone: infatti, ciascuno di noi contiene materiale genetico per creare cinquecento volte più gente di quanta ne sia mai venuta al mondo. Ma non sono persone, e sostenerlo è tanto ridicolo quanto dire che un granello di sabbia è una spiaggia, o una molecola d’aria un vento.

Come si arriva dalle cellule a una persona?

Gradualmente, appunto, in maniera emergente, e questo significa che anche i diritti della persona dovrebbero crescere gradualmente. L’idea che il significato di una cosa sia contenuto nelle sue parti è una credenza riduzionistica, non un fatto. E a volte è una credenza così radicata che non si può sradicarla neppure con le prove sperimentali, che pure esistono.

Però lei non sembra avere una grande opinione della biologia, che considera sostanzialmente un’ideologia.

Perché è ancora una pseudoscienza, nel senso della definizione datane dal premio Nobel per la chimica Irving Langmuir: la maggior parte dei suoi concetti, infatti, non si può chiarificare facendo esperimenti più accurati, per la semplice ragione che non esiste la tecnologia per farli.

Non oso chiederle cosa pensa della teoria delle stringhe, allora.

Che è solo una forma di autoerotismo. Senza esperimenti che distinguano tra teorie corrette e scorrette non si può fare scienza, e non si è moralmente superiori ai guru religiosi.

Quanto alla matematica, cosa pensa dell'osservazione di Galileo che essa è il linguaggio in cui e scritto il libro della natura?

Galileo aveva visto giusto, ma non si era accorto di un piccolo

particolare: che alcuni capitoli del libro della natura sono troppo lunghi per poter essere letti. Io preferisco questa citazione di Arthur Eddington: « La matematica non c'è, fino a quando non ce la mettiamo noi ».

Cosa vorrebbe dire?

Che la matematica deriva dalla natura, e non viceversa. L'idea che sia la natura a derivare dalla matematica è meravigliosa, logica e confortante, ma sfortunatamente è confutata dagli esperimenti.

E da dove emerge la matematica, allora?

Poiché viviamo in un mondo emergente, dobbiamo anche accettare che ad alcune importanti domande non si possa rispondere immediatamente, perché non sono ancora state fatte le scoperte necessarie. Bisogna essere pazienti, e dare tempo al tempo.

7)

CARLO RUBBIA

Come la forza elettromagnetica è mediata dai fotoni, così la forza elettrodebole è mediata da tre particelle, dette bosoni deboli e indicate con W+, W~ e Z , aventi rispettivamente una carica elettrica positiva, negativa e nulla.

La previsione dell'esistenza di queste tre particelle fa parte della teoria elettrodebole di Glashow, Salam e Weinberg, ma la loro grande massa (circa 100 volte quella del protone) e brevissima vita media ne ha impedito l'osservazione diretta fino a un esperimento del 1983 al cern (Centro Europeo per la Ricerca Nucleare), nel quale due fasci di protoni e antiprotoni ad alta velocità sono stati fatti collidere frontalmente, e hanno prodotto un piccolo numero delle tre particelle: in media, una ogni 100 milioni di urti.

L'esperimento era stato ideato da Carlo Rubbia, che fin dal

1976 aveva proposto di convenire l'acceleratore del Cern in un anello a doppio senso di circolazione per protoni e antiprotoni, e la sua realizzazione si era basata su una tecnica per l'impacchettamento e la conservazione di protoni e antiprotoni ideata da Simon van der Meer. Per questi loro contributi Rubbia e van der Meer ottennero il premio Nobel per la fisica nel
1984, a un solo anno dalla scoperta delle tre particelle.

Come professore a Harvard dal 1970 al 1987, direttore del cern dal 1989 al 1993 e presidente dell'ENEA (Ente per le Nuove tecnologie, l'Energia e l'Ambiente) dal 1999 al 2005, Rubbia è diventato famoso per l'inesauribilità della sua energia e la ruvidità del suo carattere. Noi l'abbiamo intervistato il 5 febbraio 2006, concludendo con lui la nostra serie.

Nella sua autobiografia lei racconta di essere stato affascinato, da ragazzo, più dalla tecnologia che dalla scienza. Come vede ora questa dicotomia?

294

Da un lato, non c'è dubbio che la tecnologia sia lo strumento attraverso il quale si avanza nella vera scienza sperimentale. Dall'altro lato, però, la tecnologia non esiste di per sé: ha bisogno di uno scopo. Quindi, direi che non c'è dicotomia, ma unità di intenti. Ad esempio, il telescopio di Galileo cos'era: tecnologia o scienza?

E la scoperta delle particelle W e Z, cos'è stata?

Sarebbe stata impossibile senza un'immensa e profondissima preparazione tecnologica sui contenuti della ricerca. E la ricerca scientifica, quella spinta dalla curiosità di conoscere, è sempre stata per me uno dei soggetti più affascinanti, sia da giovane che da adulto.

Perché non è stato possibile scoprire quelle particelle con le macchine precedenti il vostro esperimento?

Perché le macchine di allora producevano collisioni fra un fascio accelerato e un obiettivo a riposo. E queste collisioni sono molto inefficienti, in quanto l'energia disponibile nel centro di massa, che è quella che conta per la produzione di particelle nuove, è molto piccola.

E qual è stata la sua idea?

Di sfruttare collisioni frontali tra due particelle, in cui il laboratorio coincide con il centro di massa, che sono di ben altra entità. Si trattava di utilizzare diversamente l'acceleratore: non più per urtare una sorgente, ma per produrre collisioni frontali tra protoni e antiprotoni ruotanti in direzioni opposte

all’interno dell’acceleratore. Bisognava però avere un numero sufficiente di antiprotoni all’interno dell’anello dell’acceleratore, e per far questo è stato necessario inventare metodi di produzione particolarmente efficaci e altamente innovativi.

È vero che quando lei presentò nel 1976 il progetto, le Physical Review Letters rifiutarono di pubblicarlo perché lo considerarono troppo irrealistico?

Sì. A quell’epoca si poteva superficialmente riassumerlo col ti-

tolo del film Missione impossibile, e ci volle un bel po’ di tempo per convincere la comunità scientifica che invece era del tutto fattibile.

È corretta la descrizione, riportata nella presentazione del vostro premio Nobel, secondo cui « van der Meer l’ha reso possibile, e Rubbia l’ha fatto succedere»?

È un po’ semplificata. In realtà van der Meer e io abbiamo lavorato in strettissimo contatto: peraltro, anche con un gran numero di scienziati e tecnici eccezionali del cern, che hanno realizzato passo passo la cosa con noi.

E si ritrova nel parallelo, sempre nella stessa presentazione, tra la vostra scoperta delleparticelle We Z e quella di Hertz delle onde radio?

Direi di sì. La teoria dell’elettrodinamica di Maxwell unificò elettricità e magnetismo, e Hertz dimostrò sperimentalmente l’esistenza delle onde elettromagnetiche. Analogamente, la teoria elettrodebole di Glashow, Salam e Weinberg ha esteso la teoria di Maxwell, unificando ulteriormente la forza elettromagnetica con le forze deboli: in questo quadro le particelle WeZ diventano l’analogo delle onde elettromagnetiche, e la nostra scoperta un analogo di quella di Hertz.

Si e parlato, allora, del «più complesso e più caro apparato mai premiato dal Nobel»: e stato il punto massimo raggiunto dalla Big Science?

Non direi, perché la Big Science di allora era ben più modesta, e ben meno costosa, di quella di oggi: al nostro progetto lavorarono un centinaio di fisici, con un budget di una cinquantina di milioni di euro. Oggi, al solo Large Hadron Collider lavorano più di cinquemila fisici, con un budget di parecchi miliardi di euro.

A proposito della forza elettrodebole, che è stata la sua grande passione, quale pensa sia il motivo per cui essa viola tutte le

possibili simmetrie, mentre le altre tre forze non ne violano nessuna?

296

Il vero mistero non era tanto che ci fossero violazioni di simmetria, quanto piuttosto che la violazione CP scoperta da Fitch e Cronin nel decadimento dei mesoni K neutri fosse così piccola. Oggi quel mistero è stato risolto: abbiamo capito che non deriva da una proprietà intrinseca delle interazioni deboli, ma dal fatto che in quell'esperimento bisogna disporre della presenza (virtuale) di tutte e tre le famiglie dei quark, mentre i quark della terza famiglia sono presenti in quantità infima nel sistema dei mesoni K neutri.

Questo vuol dire che ci possono essere violazioni grandi, in altri campi?

Probabilmente così è, ad altissime energie. Sacharov, ad esempio, ha osservato come la violazione CP sia necessaria per l'emergenza della materia sull'antimateria nei primissimi istanti di formazione dell'universo: all'istante del Big Bang esse erano presenti nella stessa misura, ed è a causa della violazione CP, oltre che dell'intrinseco squilibrio dell'espansione dell'universo, che la materia è diventata dominante nella maniera che oggi osserviamo.

A proposito di energia, che problemi pone oggi la sua produzione?

Da una parte, sulla Terra vivono attualmente circa sei miliardi e mezzo di esseri umani, che crescono a una velocità di 75 milioni l'anno: cioè, circa una persona al secondo. Dall'altra parte, sappiamo che i combustibili fossili, che sono oggi la nostra sorgente primaria di energia, potranno durare al massimo un 100 o 150 anni. Come potremo sopravvivere senza un'abbondante disponibilità energetica a costi ragionevoli, e affrontarne la fine? La quale, tra l'altro, sarà pure accelerata da inevitabili cambiamenti climatici, che ci impediranno quasi certamente di bruciare il bruciabile, in primis il carbone. Questi sono i problemi.

E le soluzioni, quali sono?

Bisogna sviluppare per tempo energie alternative, basate sugli unici due tipi di energia capaci di assicurare la sopravvivenza

297

del genere umano: il nucleare e il solare. Dobbiamo quindi tornare alla ricerca vigorosa di nuove fonti di energia, ed è compito della scienza e della tecnologia sviluppare per tempo nuovi metodi rivoluzionari.

Non bastano l'eolico, o il fotovoltaico?

No, non bastano, nonostante ciò che la nostra attuale classe politica continua ad affermare. E non ce la fanno a decollare come sorgenti primarie di energia per l'umanità, nonostante gli sforzi e gli investimenti pubblici.

Il nucleare, però, sembra tabù.

Ma non sarebbe quello di oggi, che bruciato al ritmo attuale (6 per cento della produzione primaria) non costituisce una risorsa maggiore del gas naturale o del petrolio. Non c'è dubbio, comunque, che sarà difficile, per non dire impossibile, ottenere un sostegno popolare per il nucleare senza una soluzione radicale al problema degli attuali rifiuti, che hanno una vita di milioni di anni!

Ma esiste una « via regia » al nucleare?

Io penso che ci sia, e che sia quella basata sul torio. Che non è proliferante, e dunque non può portare né a Hiroshima né a Chernobyl. E non ha bisogno di arricchimento, come l'uranio. E produce solo scorie radioattive a vita breve, inferiore ai trent'anni. Ed è abbondante, su tutto il pianeta.

Ci sono progetti concreti?

Certo. Io stesso ne ho fatto uno, chiamato amplificatore di energia, che accoppia la sorgente di energia del torio a un acceleratore di particelle. E sviluppa una tecnologia che permette di eliminare completamente i rifiuti bruciandoli, facendo un primo passo verso un nucleare pulito.

E per quanto riguarda il solare?

Si devono sviluppare nuovi metodi basati sulla concentrazione dei raggi del Sole, secondo il vecchio principio già usato da Ar-

chimede. E bisogna associarli a un'accumulazione di energia che permetta di ovviare alle variazioni intrinseche o aleatorie del solare, dalla notte alla nuvolosità.

Anche qui ha fatto progetti concreti?

Si, uno appunto chiamato Archimede: ne ho anche lanciato un impianto industriale pilota in Sicilia, che però ora sembra essere stato « ibernato ». Fortunatamente la fiaccola è stata trasferita in Spagna, dove sono attualmente in via di realizzazione una serie di impianti veramente innovativi, finanziati industrialmente.

Alla luce della sua esperienza all’enea, terminata con il benservito datole dal governo, come giudica il rapporto tra politica e scienza?

Credo che ci debba essere una separazione tra i poteri più marcata, nel quadro delle relative competenze. Nel passato c’è stata, ma oggi il dominio della politica sta producendo un sacco di errori. E direi anche di « corbellerie », dovute a incompetenza ed eccesso di potere, il tutto alimentato dalla disinformazione di certi mass media.

In che senso?

Ho la netta sensazione che si voglia « presidiare » ciò che non si conosce, anziché sostenere e garantire l’indipendenza di una reale competizione scientifica e tecnologica. Un cambiamento di attitudine è urgente e necessario, e sarebbe largamente giustificato dall’importanza odierna della scienza nella soluzione dei problemi epocali ai quali ci troviamo di fronte.

Altrimenti?

Altrimenti, se non si fa marcia indietro, specialmente in Italia assisteremo alla fine della scienza: quella vera, intendo. E sarebbe un gran peccato: specialmente per i giovani, che sembrano sempre più pronti a fuggire dalla scienza e dalla tecnologia per orientarsi verso le professioni liberali.

8)

CHARLES TOWNES

Tirando una mela in verticale, essa salirà fino a un certo punto e poi tornerà a terra, come un ascensore. Se però al punto massimo della sua traiettoria la mela ne tocca un’altra attaccata a un ramo e ne induce il distacco, le due mele cadranno parallelamente in coppia alla stessa velocità. Nel 1917 Albert Einstein capì che la stessa cosa può accadere quando un fotone passa vicino a un elettrone eccitato e ne stimola il passaggio a un’orbita di minore energia, producendo l’emissione di un fotone identico che si muove parallelamente a esso, in un fenomeno chiamato emissione stimolata di un fotone.

Nel 1951 Charles Townes capì che in determinate condizioni la reazione può avvenire a catena: un fotone ne stimola l’emissione di un altro, poi i due ne stimolano l’emissione di altri due, e così via, con una « amplificazione mediante emissione stimolata di radiazione », chiamata in inglese amplification by stimulated emission of radiation e abbreviata con l’acronimo aser. Se a

venire amplificate sono delle microonde allora si ottiene un maser, che Townes riuscì a costruire nel 1954, ottenendo per questo il premio Nobel per la fisica nel 1964, insieme a Nikolaj Basov e Aleksandr Prochorov.

Se a venire amplificata è invece la luce, allora si ottiene un laser, cioè un raggio di luce coerente, che differisce dalla luce normale nello stesso modo in cui la marcia ordinata di una truppa differisce dal movimento caotico di una folla. Lo stesso Townes riuscì a costruire il laser nel 1958, insieme al suo studente e cognato Arthur Schawlow, che prese poi a sua volta il premio Nobel per la fisica nel 1981 per l’utilizzo del laser nella spettroscopia, insieme a Kai Siegbahn.

Il novantenne Townes ha raccontato la sua vita in Come successo il laser (Oxford University Press, 1999), e i suoi saggi sono stati raccolti in Ondeggiare (American Physical Society, 1995).

300

Noi l’abbiamo intervistato a Lindau il 29 giugno 2005, in occasione dell’annuale incontro dei Nobel con gli studenti.

Come fa un ragazzo che cresce raccogliendo cotone e mungendo mucche ad arrivare a un premio Nobel in fisica?

Be’, mio padre era in realtà un avvocato, al quale piaceva la campagna, e credeva che fosse un buon posto per crescerci i figli. È in effetti è stata un’ottima esperienza, che mi ha insegnato fra l’altro ad aggiustare le cose che si rompono e ad amare la natura: gli animali, gli uccelli, le farfalle, gli insetti, le stelle. Mio fratello è poi diventato un entomologo, e il motivo per cui io non sono diventato un biologo è che non potevo competere con lui.

La fisica è stata dunque una sua seconda scelta?

In realtà no, perché non appena ho seguito il mio primo corso mi sono accorto che mi piaceva ancora di più. Mi accorsi che lì si poteva dimostrare che le cose erano giuste o sbagliate, mentre la biologia di allora era più che altro descrittiva e tassonomica. Oggi naturalmente è molto diversa, e le due discipline non sono poi così distanti.

Cos’altro le piaceva, da bambino?

I puzzle logici e la matematica. Ciò che mi attraeva della fisica era proprio questo: che metteva insieme il ragionamento logico e l’osservazione della natura.

Dove andò all’università?

A Caltech: sorprendentemente, per uno che arriva da una scuola minore della Carolina del Sud. Avevo fatto domanda a varie università della costa est degli Stati Uniti, da Cornell a Princeton, ma nessuna mi aveva dato una borsa di studio. A Caltech non avevo neppure fatto domanda, perché pensavo di non avere nessuna possibilità, ma coi miei risparmi di 500 dollari decisi che a quel punto avrei potuto iscrivermi nel posto migliore che c’era, e magari sopravvivere un anno. Fortunatamente, dopo

un semestre mi diedero la borsa che le altre università mi avevano rifiutato!

Chi conobbe là?

Linus Pauling, che era un tipo molto interessante. Ci trovammo a seguire insieme un corso di relatività generale, benché lui fosse un chimico già molto noto: lo faceva per curiosità, mi disse. E mi invitò a casa sua per il Thanksgiving: pensi un po’ cosa poteva significare per una matricola.

E tra i fisici, chi c’era?

Oppenheimer, che all’epoca insegnava un semestre a Caltech e uno a Berkeley, portandosi dietro un codazzo di studenti. Era un eccellente insegnante, con una memoria e una cultura prodigiose: in parte quello era il suo problema, perché imparava così velocemente che saltava sempre da un argomento all’altro, senza fermarsi mai a pensare in profondità. Il risultato fu che non contribuì alla fisica quanto avrebbe potuto, se solo fosse stato meno dotato: una specie di paradosso.

Era un tipino, mi sembra.

Molto difficile caratterialmente. Si divertiva a mettere in evidenza gli errori e le debolezze dei colleghi, anche se con gli studenti era molto gentile: fu lui a tirar su la maggior parte dei fisici teorici dell’epoca, prima che arrivasse l’emigrazione ebrea dall’Europa causata dal nazismo.

Lei non andò con lui a Los Alamos, però.

No, in guerra feci altre cose. Durante la depressione le offerte di lavoro erano molto scarse, e io ne avevo ricevuta una dai Laboratori Bell: avrei preferito un insegnamento universitario, ma quello era comunque un ottimo centro di ricerca. Agli inizi mi lasciarono fare fisica, ma durante la guerra mi fecero progettare sistemi radar di bombardamento aereo, la maggior parte dei quali non funzionò. Ma per farlo dovetti studiare gli impedimenti che le molecole oppongono alle microonde, e capii che

302

se ne poteva tirar fuori dell'ottima spettroscopia a onde, che divenne il mio lavoro dopo la guerra.

Come arrivò a concepire il maser?

L'idea mi venne nel 1951, ma sarebbe potuta venire facilmente a qualcun altro vent'anni prima: non c'era nessun ingrediente che già non si conoscesse, e bastava metterli insieme. Il problema era che all'epoca gli ingegneri non capivano la meccanica quantistica, e i fisici non maneggiavano bene gli oscillatori. Facendo spettroscopia a microonde, io ero interessato a usare onde più corte: mettemmo su un comitato di consulenza, visitammo molti laboratori, ma nessuno sapeva come fare. Il giorno dell'ultima riunione a Washington mi svegliai presto, e poiché la colazione non era ancora pronta andai a sedermi su una panchina nel parco, chiedendomi per l'ennesima volta perché nessuno era riuscito a farlo.

A fare cosa, precisamente?

Secondo la termodinamica, per produrre onde molto corte le molecole dovrebbero in teoria essere scaldate a una temperatura così alta che le farebbe spezzare. Ma quella mattina capii che c'era un altro modo di estrarre energia dalle molecole eccitate, invece che scaldarle, ed era di stimolarle attraverso un'onda che fosse esattamente in fase con loro. Ho preso un foglio di carta, ho scritto un'equazione, e mi sono accorto che poteva funzionare! È stato un grande momento.

Sembra che qualcuno le abbia detto, all'epoca: «Non far perdere agli studenti il loro tempo su questa roba, perché non funzionerà». Il che mi ricorda ciò che disse Planck a Einstein, quando questi stava lavorando alla relatività generale: «Non perda il suo tempo: non funzionerà, e anche se funzionasse nessuno ci crederebbe ».

È vero, a me lo dissero Isidor Rabi e Polykarp Kusch, due premi Nobel (uno nel 1944 e l'altro nel 1955), uno dei quali era il direttore del dipartimento, e l'altro lo era stato. Vennero entrambi nel mio ufficio per cercare di convincermi che la cosa non avrebbe funzionato, dicendo che loro lo sapevano, e che

303

lo sapevo anch'io, e che continuando a studiarla sprecavo i soldi del dipartimento: probabilmente volevano usarli loro in qualche altro modo. Ma sono reazioni non atipiche, che si manifestano spesso di fronte a nuove idee: anche da parte di gente importante, che magari ci ha già lavorato, ed è restia a credere che qualcuno arrivi da fuori e riesca dove loro hanno fallito.

E lei cosa fece?

Fortunatamente ormai avevo il posto di ruolo, e risposi che poiché a me sembrava che ci fossero buone possibilità, sarei andato avanti. Se ne andarono dal mio ufficio seccati, ma tre mesi dopo il mio studente Jim Gordon, che aveva lavorato al problema per un paio d'anni, si precipitò in aula mentre stavo facendo lezione, gridando: « Funziona, funziona! » Così portai tutta la classe a vedere il primo maser.

E finalmente tutti ci credettero.

Non direi! Poco dopo mi capitò di visitare Niels Bohr in Danimarca: mentre passeggiavamo per la strada lui mi chiese cosa stavo facendo, e io gli spiegai che avevo costruito un maser che estraeva frequenze molto pure dalle molecole. Ma lui mi disse: « Non ci credo. È impossibile ottenere frequenze così pure, per il principio di indeterminazione: dev'esserci qualche errore ».
Un'altra volta mi capitò di andare a una festa a Princeton: c'era John von Neumann, e anche lui ebbe la stessa reazione.
Ma poi andò a prendersi un altro drink, e quindici minuti dopo tornò dicendomi: « Ha ragione, funziona! »

Come passò dal maser al laser?

Il maser ebbe un grande successo sul mercato, in quanto era l'amplificatore più sensibile a disposizione, cento volte di più di qualunque altro. Io ci lavorai per un po', ma poi preferii continuare nella ricerca e scendere a lunghezze d'onda ancora più corte, nell'infrarosso: non sapevo come, ma volevo pensarci.
Nel frattempo avevo avuto un post-doc di nome Arthur Schawlow, che avendo sposato mia sorella non avevo potuto aiutare a trovare un posto in università. Lui era andato a lavo-

rare ai Laboratori Bell, e loro a un certo punto mi offrirono una consulenza di un paio di giorni al mese. Cosi vidi regolarmente mio cognato, e lavorammo insieme al problema: lui ebbe l'idea di usare due specchi paralleli per amplificare le onde, io risolvetti le equazioni per mostrare come la cosa si poteva fare, e insieme inventammo il laser.

Ma lui prese il Nobel dopo di lei, nel 1981.

Sì, perché a me lo diedero insieme a Nikolaj Basov e Aleksandr Prochorov, due russi che avevano lavorato indipendentemente al maser. Quando li incontrai per la prima volta, non avevano ancora capito come farlo funzionare: ci riuscirono solo dopo che io gli spiegai come l'avevamo fatto noi. Ma avevano comunque avuto idee

originali, e condividemmo il premio Nobel: metà a me, e metà a loro due.

Quindi il suo lavoro ha prodotto almeno due premi Nobel!

Direttamente sì, ma lo studio del maser e del laser ne ha prodotti almeno una dozzina: sono molto soddisfatto di aver scoperto uno strumento scientifico così utile. Agli inizi non si era sospettato che ci fossero applicazioni tanto disparate: quando suggerii ai Laboratori Bell di brevettarne qualcuna per le comunicazioni, prima che Schawlow e io pubblicassimo il nostro lavoro, loro non credevano che valesse la pena farlo.

Perché non le brevettaste voi?

Perché non era giusto truffare i Laboratori Bell, solo perché i loro avvocati non vedevano al di là del naso. Così insistetti, e mi fecero scrivere un brevetto con qualche applicazione. Però nel 1953 io avevo già brevettato il maser e tutti i suoi possibili derivati: un brevetto che diedi a un ente di ricerca dell'università, che usa una buona parte dei proventi a favore dell'università stessa, e da il resto a me.

A proposito di premi Nobel, lei ha avuto Arno Penzias come studente.

Sì. Gli diedi come tesi la ricerca dell'idrogeno nello spazio in-

tergalattico, visto che fino ad allora lo si era trovato soltanto nella nostra galassia. Lui non lo trovò, ma mise un limite a dove si poteva trovare, e lo fece con un amplificatore maser molto sensibile. Poi andò anche lui ai Laboratori Bell, dove continuò la sua ricerca dell'idrogeno, e trovò invece qualcosa di più importante: la radiazione cosmica a microonde prodotta dal Big Bang! Un'altra ottima applicazione del laser, direi.

Nei suoi libri, Manfred Eigen fa un parallelo tra l'autoreplicazione del laser e la selezione darwiniana: cosa ne pensa?

Ci sono certamente legami con la biologia. Ad esempio, dopo l'invenzione del maser io andai in sabbatico in Giappone, e volevo scoprire quali fossero le fluttuazioni delle oscillazioni del maser: perché le frequenze sono pure, ma non in maniera assoluta. Passeggiando per la strada a Tokio incontrai un biologo della Columbia, che era pure lui in sabbatico, e per caso stava studiando un articolo di un chimico sulle fluttuazioni nel numero di batteri in una colonia. Ora, c'è un ovvio parallelo fra la divisione dei batteri e l'emissione stimolata, così come fra la loro morte e l'assorbimento: quello che c'è in più nella fisica è

l'emissione spontanea. E bastò aggiungere un termine che ne tenesse conto, per adattare perfettamente le equazioni del chimico al problema delle fluttuazioni degli amplificatori od oscillatori laser.

Oltre alla ricerca, so che lei e stato a lungo consulente del governo.

Sì. Ho cominciato a farlo seriamente nel 1959, quando mi dessero vicepresidente dell'Istituto di Analisi per la Difesa: un gruppo di professori universitari, stimolato dal lancio sovietico dello Sputnik e dalla competizione tecnologica con l'Unione Sovietica. Non ne avevo molta voglia, proprio nel momento in cui il mio lavoro andava a gonfie vele, ma pensai che era una sorta di obbligo verso il paese, e mi misi in aspettativa per due anni. Da allora sono stato nel Comitato di Consulenza degli Scienziati per vari presidenti.

Quali ha incontrato?

306

Truman, Eisenhower, Kennedy, Johnson, Nixon... Tutti ci prendevano seriamente, e stavano abbastanza a sentire. A parte Nixon, che addirittura abolì il Comitato, ma più che altro per motivi politici: perché un paio di membri avevano fatto dichiarazioni contro di lui. Il che, in effetti, non era corretto per dei consulenti.

Chi le è sembrato il più intelligente?

Kennedy, direi. Eisenhower era un uomo di molto buon senso. Truman e Johnson avevano buone intenzioni, ed erano abbastanza ragionevoli.

P**assando dal presidente a Dio, qual è la sua visione religiosa del mondo?**

Credo che Dio sia molto vicino alla Natura, e che si manifesti in essa. In un certo senso la Natura è parte di Dio, ma non è l'intera storia: a meno di intendere per « Natura » tutto ciò che c'è, perché allora naturalmente ci sta dentro pure Dio. Se invece si intende per « Natura » solo ciò che noi percepiamo e conosciamo, allora Dio sta oltre quello.

Lei è d'accordo con la teologia del processo, secondo cui la Natura è il corpo di Dio, e le leggi della Natura i suoi pensieri?

È solo un'analogia, ma non è una brutta analogia.

È stato sorpreso di aver ricevuto il premio Templeton per la scienza e la religione del 2005?

Un po' sì, ma non troppo, perché sono impegnato su quel fronte da molto tempo: praticamente, da quando un giorno alla Columbia, dopo aver visto che ero uno dei pochi scienziati che andavano in chiesa, mi chiesero di fare una conferenza su scienza e religione. Dopo che fu pubblicata e trasmessa alla radio gli inviti si moltiplicarono, e i miei articoli anche: alcuni sono stati raccolti in Ondeggiare dall'American Physical Society, e questo sì mi ha sorpreso.

Sembra però che ormai si debba essere un fisico per prendere il pre-

mio Templeton. O che almeno aiuti, visto che prima di lei l'hanno preso Paul Davies, Freeman Dyson e John Polkinghorne.

Il fatto è che il signor Templeton pensa che la scienza abbia fatto molti progressi, e la religione no. Io invece credo che siano due cose molto più parallele di quanto in genere si creda, e che alla fine convergeranno. In fondo, la scienza cerca di capire come le cose funzionano, e la religione di capire gli scopi e i significati della vita: una aiuta l'altra, ed entrambe aumentano la consapevolezza di quanto speciale sia l'universo.

8)

JOHN WHEELER

Le due grandi rivoluzioni della fisica del Novecento sono state la relatività e la meccanica quantistica, e i due loro profeti Albert Einstein e Niels Bohr, rispettivamente premi Nobel nel 1921 e 1922: viste le date, non sono rimaste al mondo molte persone che possano vantare collaborazioni scientifiche con entrambi e li ricordino di prima mano, ma John Archibald Wheeler è una di esse, e per questo abbiamo iniziato con lui la nostra serie di interviste.
Benché forse il suo contributo più noto sia stato l'invenzione nel 1967 del termine buco nero, inizialmente avversato «per oscenità» ma poi entrato a far parte del linguaggio comune, quelli scientificamente più interessanti sono la cosiddetta equazione di Wheeler e De Witt, che la funzione d'onda dell'universo deve soddisfare in ogni teoria della « gravita quantistica », e il concetto di schiuma quantistica, che riduce la statica geometria macroscopica a un ribollente divenire microscopico.
Autore dell'immenso testo Gravitazione con Charles Misner e Kip Thorpe (Freeman & Company, 1973), della provocatoria raccolta di saggi A casa nell'universo (Springer, 1966) e della frizzante autobiografìa Geoni, buchi neri e schiuma quantistica (Norton &

Company, 1998), Wheeler ci ha ricevuti il 22 luglio 2000 sulla costa del Maine, in un'isola di sua proprietà che deve avergli ispirato una delle sue famose massime: « Più si allarga l'isola della conoscenza, e più si allunga il confine del mistero ».

Come ricorda Niels Bohr, che lei ha conosciuto dagli anni '30 alla sua morte?

È stato il più grande scienziato del secolo scorso. Era disposto ad andare ovunque pur di conoscere le risposte ai grandi quesiti. Poiché era convinto che l'India e la Cina fossero i luoghi giusti, si recò in quei paesi e parlò con molti studiosi. Poi, una

309

volta tornato, mi disse: « Le domande che si pongono sono meravigliose, ma non si può proprio credere alle loro risposte ».

Che tipo era, personalmente?

Non facile da capire, quando parlava. Un giorno discusse della bomba atomica con Churchill, il quale si rivolse a uno dei suoi consiglieri sbuffando: «Ma perché quell'uomo usa frasi così lunghe?» Questo però era forse un problema di Churchill, che un'altra volta espresse la stessa lamentela dopo un pranzo con lo scrittore Henry James a casa di Lady Asquit, durante la prima guerra mondiale.

Bohrfu il padre della meccanica quantistica, un campo in cui lei ha dato un importante contributo con l'esperimento delle scelte differite, che sembra implicare la possibilità di influenzare il passato compiendo un'azione nel presente. Come è possibile?

Il fatto che la scelta di ciò che si vuole osservare abbia degli effetti irreversibili sul fenomeno osservato è uno dei più grandi misteri della meccanica quantistica. In certi casi la scelta si può appunto effettuare in modo che gli effetti riguardino eventi del passato. In termini classici, questo sembra significare che il passato viene influenzato dal presente. In termini quantistici, significa soltanto che il passato non esiste se non nelle misurazioni del presente. Per dirla con un motto: « La realtà è solo una teoria ».

Lei ha assistito alla prima e all'ultima lezione di Einstein a Princeton, a vent'anni di distanza. Cosa ricorda?

Sono state molto diverse. La prima lezione era stata tenuta segreta per evitare che si presentassero troppe persone. Einstein parlò dell'essenza stessa della natura, con equazioni differenziali a dieci termini. Nel corso della sua vita esaminò tutte le loro possibili soluzioni, ma alla fine ci ha lasciato con l'impressione che quel genere di analisi fosse inconcludente.

E la sua ultima lezione?

Quella l'ha tenuta al mio seminario di Princeton. Era divisa in

310

tre parti: la genesi del concetto di relatività, il significato che essa aveva per lui, e il motivo per cui non credeva alla meccanica quantistica. Ha concluso dicendo: «Se io osservo un topo, l'atto di osservarlo può cambiare la sua condizione di topo?». A lui non piaceva che l'osservazione fosse così importante ai fini della definizione della realtà.

Nel campo della relatività generale, lei ha introdotto la fortunata espressione « buchi neri » e ne ha studiato le proprietà. Quali sono le più interessanti?

Le proprietà fisiche si possono esprimere con un motto che Feynman trovava un po' osceno: « I buchi neri non hanno peli ». In termini meno criptici, sono completamente determinati dalla massa, la carica e la rotazione: tutto il resto è scomparso e irrilevante.
Una sorprendente proprietà matematica è che mettendo insieme due buchi neri se ne ottiene un terzo, la cui massa non è la somma delle masse dei primi due, come ci si potrebbe attendere, ma la radice quadrata della somma dei loro quadrati: un'inaspettata applicazione del teorema di Pitagora!
Infine, una proprietà filosofica è che nei buchi neri il tempo è arrivato al capolinea. I buchi neri sono un modo per vedere dal presente il futuro. Anzi, per osservare già oggi la fine stessa del tempo.

Lei ha citato Feynman, che è stato il più brillante dei suoi allievi.
Insieme avete trovato un'altra sorprendente proprietà del tempo: come?

Feynman stava studiando con me un problema relativo ai positroni, che sono « elettroni positivi » di antimateria. Una sera gli ho telefonato e gli ho detto: « Sai, Richard, il positrone si potrebbe considerare come un normale elettrone che va a ritroso nel tempo, dal futuro al passato ». Lui ha poi sviluppato quella che era solo un'idea estemporanea nei suoi famosi diagrammi di Feynman.

Certo i positroni sono un bel dilemma!

311

La cosa interessante è che Dirac li ha trovati cercando di capire come l'elettrone ruotasse sul proprio asse, e notando che si potevano applicare direttamente le regole dei quaternioni. Queste

regole, scoperte dall'irlandese William Hamilton, non erano molto conosciute all'epoca. Uno che le conosceva, però, era il presidente De Vaierà!
Che aveva studiato matematica, prima di entrare in politica.
Lo sapeva? Io l'ho incontrato una volta, a Dublino. Aveva novant'anni, come me adesso. Era dritto come un fuso, e mi ha raccontato di aver preso parte all'insurrezione di Pasqua del 1916. L'esercito britannico arrestò lui e i suoi compagni, e li voleva fucilare il giorno dopo. Io non so come mi comporterei, in una simile circostanza, ma De Vaierà mi disse che si astrasse pensando tutta la notte alle formule di Hamilton: i2 =j2 = k? = ijk=-l.

Una bella storia! Per tornare ai positroni, come fu presa l'interpretazione sua e di Feynman?

Un giorno sono andato da Einstein per parlargliene. Mi ha ascoltato pazientemente per una ventina di minuti, e poi mi ha detto una cosa che da allora viene citata spessissimo: « Non riesco ancora a credere che Dio giochi a dadi ». E ha aggiunto: «Ma forse mi sono guadagnato il diritto di commettere degli errori». Il miglior amico di Einstein a Princeton era Kurt Gödel, il massimo logico del Novecento.
Un tipo molto strano, di cui la gente parlava col timore reverenziale che si riserva ai grandi pensatori. Un mio amico, l'economista Oskar Morgenstern, che lo conosceva bene e lo ammirava molto, mi ha raccontato che era sempre preoccupato per la sua salute: quando gli prescrivevano dei farmaci, prima di prenderli andava a leggersi sui testi di medicina tutte le informazioni disponibili. E pensava sempre alla morte, e a ciò che sarebbe successo dopo.

312

Lei l'ha mai incontrato personalmente?

Certo. Un giorno sono andato a trovarlo con Thorpe e Misner, coi quali stavo scrivendo Gravitazione. Ci accolse avvolto nel suo cappotto, con una stufetta elettrica accesa ai suoi piedi.
Gli chiedemmo: «Vorremmo che ci parlasse di come il suo teorema di incompletezza è collegato al principio di indeterminazione di Heisenberg ». Lui si rifiutò e ci chiese invece: « Nel vostro libro, parlate del mio modello di universo? » Noi rispondemmo di no, e lui ci disse che avremmo dovuto prenderlo più seriamente.

Che tipo di modello è, quello di Godei?

Descrive un universo in cui, andando sempre avanti nel futuro, ci si può ritrovare nel passato e rivivere sempre la stessa vita. Ununiverso con un tempo chiuso, proprio com'è lo spazio sul nostro pianeta. Questa idea, per funzionare, richiede che la materia presente nelle varie parti dell'universo ruoti.

E lo fa?

Quando andammo da lui Godei tirò fuori il Grande Atlante delle Galassie e ci fece vedere che aveva segnato con un righello tutte le direzioni degli assi, per controllare se effettivamente le galassie ruotassero nel modo necessario per suffragare le sue ipotesi, ma non lo facevano. O, almeno, non in maniera sufficiente per calmare la sua ansia di poter vivere per sempre, grazie all'Eterno Ritorno del suo modello.

Lei ha scritto una volta: « Il teorema di Gödel è troppo importante per essere lasciato ai matematici ». Che intendeva dire?

Devo confessare di non aver mai completamente capito quel teorema, ma l'autoriferimento su cui esso si basa mi sembra essenziale per comprendere l'universo. Ad esempio, la relatività ci insegna che lo spazio-tempo dice alla materia come muoversi, e la materia dice allo spazio-tempo come curvarsi. Oppure, la meccanica quantistica ci insegna che l'universo crea l'osservatore, il quale registra le informazioni che creano l'universo.

Sull'universo, qual è secondo lei la domanda più importante alla quale dovremmo rispondere?

All'inizio l'universo era di dimensioni ridotte, ma col tempo si è espanso fino al momento in cui si è sviluppata la vita. Infine è apparsa la mente umana, che può consapevolmente rivolgere la propria attenzione all'inizio dell'universo. Ora, l'universo è un circuito autoeccitato, e l'osservazione è l'energia che ne alimenta la genesi: fino a che punto siamo noi a determinare ciò che ci determina? Per me è questa la domanda fondamentale, la più grande speranza per il futuro, la maggior sfida e anche la più entusiasmante. Credo che alla fine ne usciremo vittoriosi.

Questa sarebbe una bella conclusione, ma parlare di vittoria mi ha fatto venire in mente la guerra. Che ruolo ebbe lei nello sviluppo della bomba atomica?

Io non stavo a Los Alamos ma a Richland, nello stato di Washington, e dirigevo l'impianto per la produzione del plutonio che fu usato per la bomba di Nagasaki. Un giorno feci un rapporto sulla sicurezza, e dissi che il maggior pericolo non era una disfunzione, ma lo spionaggio. Una delle persone attorno al tavolo era Klaus Fuchs, che stava appunto fornendo ai russi le informazioni per costruire la bomba. L'ho rivisto una volta a Berlino Est, dopo che aveva scontato i dieci anni della sua condanna: andai a salutarlo, ma con una tazza in una mano e un quaderno nell'altra, per evitare di dovergli stringere la mano.

Fu veramente così strumentale, per la costruzione della bomba sovietica?

Ci sarebbero riusciti anche da soli, prima o poi, ma lui certamente permise loro di anticipare i tempi. Fu uno shock per tutti noi quando venimmo a saperlo dai giornali. La persona che l'aveva assunto a Los Alamos si precipitò addirittura in carcere per chiedergli se aveva bisogno di un avvocato per dimostrare la sua innocenza, ma lui rispose che non era innocente, e l'aveva fatto veramente. ,

314

Lei cosa pensò il 9 agosto 1945, quando il plutonio che aveva prodotto scoppiò su Nagasaki?

Cosa potevo pensare? Si calcolava che nell'invasione del Giappone mezzo milione di soldati americani sarebbero morti, per non parlare dei giapponesi: la bomba ha salvato la vita di tutte queste persone. Se l'avessimo avuta prima, molti altri non sarebbero morti. Compreso mio fratello, che cadde nell'autunno del '44 ed è sepolto al cimitero militare americano di Firenze.

In seguito lei lavorò anche alla bomba all'idrogeno.

Molti colleghi si rifiutarono di collaborare, e dovemmo faticare per trovarne un numero sufficiente. Io fui molto deluso dal loro comportamento. Quando chiesi consiglio a Bohr, lui mi rispose: «Secondo te, l'Europa potrà rimanere libera se voi non fate la bomba all'idrogeno? » Pensava che se i russi fossero riusciti a farla prima, si sarebbero impadroniti dell'Europa. Lavorando alle bombe, io credo di aver risposto a una chiamata di servizio nazionale.

9)

CHEN NING YANG

In Dietro lo specchio Lewis Carroll ha dato forma letteraria a un problema essenzialmente scientifico: è possibile distinguere il mondo reale dalla sua immagine speculare? Naturalmente il problema non si riferisce al mondo macroscopico, dove persino una bambina come Alice si accorge che la poesia Jabberwocky è scritta al contrario, ma al mondo microscopico.
Nella chimica ogni molecola può esistere in due forme speculari, che non sono però sempre intercambiabili: ad esempio, esistono due forme di morfina, ma una è completamente innocua.
In generale la vita privilegia molecole, aminoacidi e dna sinistrorsi, ma questo sembra essere soltanto il risultato di un

processo evolutivo, e un mondo destrorso non violerebbe alcuna legge chimica.
Nella fìsica, analogamente, un mondo speculare non violerebbe alcuna legge gravitazionale, elettromagnetica o nucleare forte (relativa, cioè, alla coesione delle particelle negli atomi).
Nel 1956 Chen Ning Yang e Tsung Dao Lee scoprirono invece che le leggi nucleari deboli (relative, cioè, al decadimento radioattivo) permettono di distinguere il mondo reale da quello speculare. La scoperta fece scalpore e valse immediatamente ai due giovani fisici di origine cinese il premio Nobel per la fisica del 1957.
Abbiamo intervistato Yang il 18 dicembre 2001, per avere da lui una testimonianza diretta su eventi che sono ormai passati alla storia.

Come ha lasciato la Cina, nel 1945?

Ho partecipato al concorso di una fondazione cinese e ho vinto una borsa di studio per andare negli Stati Uniti a fare il dottorato. A quell'epoca, però, non c'erano mezzi di trasporto civile fra la Cina e l'America. Così ho dovuto aspettare vari mesi a

Calcutta, finché ho trovato un passaggio su una nave militare per New York.

Quando prese il dottorato nel 1948, Usuo relatore di tesi fu il famigerato Edward Teller. Col senno di poi, come giudica il personaggio?

Con me Teller è stato molto gentile, e da lui ho imparato molta fìsica. Le sue Memorie (Perseus, 2001) sono interessantissime, anche se la critica le ha stroncate: io trovo queste recensioni pessime, e i recensori prevenuti. Teller ha avuto una grande influenza nella politica statunitense, a partire dagli anni '50, ed è naturale che la gente si sia fatta forti opinioni su di lui. Molti, però, hanno dimenticato le cose positive che ha fatto per il mondo.

Spero non stia parlando della bomba all'idrogeno e dello scudo spaziale!

Lo scudo spaziale non mi piace. Ma con la bomba all'idrogeno Teller ha effettivamente dato un grande contributo alla pace e alla prosperità mondiali. All'epoca non era chiaro se la sua fosse la scelta giusta: Fermi, ad esempio, era contrario. Ma ora sappiamo che l'Unione Sovietica avrebbe certamente fatto la bomba, e chissà cosa sarebbe successo se gli Stati Uniti non l'avessero avuta!

E il comportamento di Teller al processo Oppenheimer?

Alcune delle cose che ha fatto possono anche non piacere, ma bisogna dare a Cesare quel che è di Cesare. Qualcuno ha detto che Teller è stato lo scienziato del Novecento che più ha influenzato la politica, e io credo che sia vero.

Nella sua lezione per il premio Nobel, lei dice di aver trovato sorprendente che si sia creduto così a lungo nella simmetria speculare senza un supporto sperimentale. Forse lei e Lee, in quanto cinesi, avevate una visione della simmetria meno rigida di quella occidentale?

Non credo che il nostro background cinese abbia avuto un ruo-

lo significativo nel nostro lavoro. Anche perché, almeno per quanto riguarda la simmetria speculare, la concezione orientale non è troppo diversa da quella occidentale: ad esempio, in entrambi i casi la destra ha un connotato positivo e la sinistra uno negativo. Il problema non era culturale, ma tecnico.

Quali sono le ragioni profonde per cui l'interazione debole viola tutte le possibili simmetrie, mentre le altre forze non ne violano nessuna?

Purtroppo, nessuno l'ha ancora capito.

E perché, come lei dice ancora nella sua lezione per il premio Nobel, « la natura sembra essersi avvantaggiata della semplice rappresentazione matematica delle leggi di simmetria »?

Questo, invece, non solo non lo sappiamo ancora, ma non lo sapremo mai! Possiamo soltanto constatare, grazie alla storia della fisica da Newton a Einstein, che effettivamente la natura ha scelto una matematica precisa e meravigliosa per costruire l'universo.

A proposito di questa « matematica precisa e meravigliosa », lei stesso ne ha scoperto un importante tassello nel 1954 insieme a Robert Mills, inaugurando quello che è diventato in seguito un paradigma per le teorie unificate (la forza elettrodebole, la cromodinamica, le stringhe). Avevate compreso già dagli inizi la fecondità del vostro approccio?

La bellezza delle idee e delle equazioni ci impressionò subito. All'epoca, però, non riuscimmo a conciliare la teoria con i risultati sperimentali, che risultavano essere meno simmetrici di quanto le equazioni sembravano indicare. Ci vollero vent'anni per capire il fenomeno della rottura spontanea di simmetria.

Come fisico, è rimasto sorpreso che il suo nome sia stato associato a uno dei sette problemi matematici che l'Istituto Cray

ha proposto come sfide per il nuovo millennio, offrendo un milione di dollari per la soluzione di ciascuno?

A dire il vero, non lo sapevo. Ma, alla luce degli sviluppi ai qua-

li lei ha accennato, oggi non sono sorpreso. Certamente lo sarei stato nel 1954, quando persino i fisici erano tutti scettici sulla teoria di Yang e Mills. Io stesso ho compreso l'importanza matematica di quel lavoro solo dopo il 1974, benché la sua importanza fisica mi fosse chiara fin già dagli anni '60.

Più in particolare, lei pensa che sviluppare i fondamenti matematici della teoria di Yang e Mills sia veramente la chiave per arrivare a una teoria unificata di tutte le forze?

Indipendentemente dai termini in cui è formulato il problema dell'Istituto Cray, che appunto non conosco, è certo che la rinormalizzazione, la gravita quantistica e le rotture di simmetria sono tutti problemi insoluti relativi alla teoria di Yang e Mills. Anche se, probabilmente, sono più problemi di fisica matematica che di matematica pura.

Negli anni '70 lei è stato presidente dell'Associazione dei Cinesi Americani. Che scopo aveva questa Associazione?

Eravamo preoccupati del fatto che le relazioni fra Cina e Stati Uniti non fossero buone, e che non ci fosse una reciproca comprensione. E non solo a livello governativo: ad esempio, la popolazione statunitense era completamente disinformata sulla Cina. Per questo abbiamo organizzato l'Associazione, e io l'ho presieduta fino agli inizi degli anni '80. Ho smesso quando i due paesi hanno ripreso le relazioni diplomatiche.

Negli ultimi anni lei è in un certo senso « tornato a casa », andando a insegnare a Hong Kong e Pechino. Quanto dista la CinapostDeng di oggi da quella pre-Mao della sua giovinezza?

Sono paesi molto diversi. La Cina che ho lasciato nel 1945 era ancora sotto l'occupazione giapponese. Quella che ho rivisto per la prima volta nel 1971 era ormai stata liberata e riunificata.
In quella creata da Deng c'è stato un progresso senza precedenti nella storia tecnologica e scientifica.

È ottimista sul futuro della nuova Cina?

Sì, perché è ormai organizzata economicamente, e sensibilizzata alle necessità di finanziamenti per la ricerca.

Per finire, nel 1999 lei è stato invitato alle celebrazioni del cinquantenario della Repubblica Popolare Cinese: come descriverebbe la liberazione del 1949?

Un grande momento nella storia della Cina, e uno dei pochi eventi cruciali del XX secolo.

Parte 5
MATEMATICI

1) MICHAEL ATIYAH

La matematica moderna è divisa in aree apparentemente isolate fra loro, ciascuna delle quali costituisce il terreno di caccia degli specialisti. Qualcuno pensa che la specie del matematico universale, in grado di dominare aree diverse, sia ormai in via di estinzione, ma l'esempio di Sir Michael Atiyah mostra che non si è certo ancora estinta.
Non a caso nel 1966 Atiyah ha vinto la medaglia Fields, l'analogo « under 40 » del premio Nobel per la matematica, e nel 2004 ha vinto il premio Abel, l'analogo dell'Oscar alla carriera.
In entrambi i casi, per i suoi lavori di topologia: in particolare, per il famoso teorema dell'indice provato con Isadore Singer, covincitore con lui del premio Abel. Questo risultato è stato poi interpretato in termini di meccanica quantistica, e insieme ad altri successivi lavori di Atiyah ha aperto la strada alle moderne interazioni fra la topologia algebrica e la teoria delle stringhe.
Oggi Atiyah viene considerato l'eminenza grigia di quel genere di matematica che coniuga le proprie idee e i propri metodi con quelli della fisica teorica, in un fecondo scambio a doppio senso.
L'abbiamo intervistato due volte: in occasione di una sua conferenza a Milano il primo ottobre 2001, e del conferimento del premio Abel il 2 maggio 2004.

Vogliamo incominciare dal suo nome, sul quale ho sentito una storia divertente?

In realtà mi chiamo Michelangelo. Ma quando i miei si accorsero che non sarei cresciuto troppo, lo corressero nel meno al risonante Michael.

Lei è nato a Londra, è cresciuto a Khartum e ha studiato al Cairo e Cambridge. Non si è sentito sradicato, in gioventù, dovendo vivere in tanti luoghi e parlare tante lingue?

Mi sentivo cosmopolita, più che sradicato. Ormai, però, dopo Cinquant’anni che vivo in Inghilterra, mi sento inglese. E sto imparando a essere scozzese, visto che da poco ci siamo spostati a Edimburgo, la città di mia moglie.

Il suo risultato più famoso è il teorema dell'indice: può cercare di comunicarne l'idea a chi non è uno specialista?

Detto molto in generale, il teorema mostra come calcolare in maniera geometrica il numero di soluzioni di un certo tipo di equazioni differenziali. È l'analogo del fatto, ben noto, che le equazioni polinomiali di grado n in una variabile hanno sempre n soluzioni complesse, se si contano le molteplicità.

Un esempio o una metafora servirebbero a chiarire?

Forse il più semplice e antico esempio è il « teorema del cane peloso », che dice che se si pettina un cane sferico e completamente peloso, si creano due vortici nei suoi peli. Un altro esempio, che credo piacerà agli italiani, è che a due grosse banche che scambiano denaro fra loro conviene monitorare direttamente i risultati delle transazioni, invece che paragonare i rispettivi estratti conto. Si potrebbe anche parlare della creazione di particelle e antiparticelle, ma sarebbe più complicato.

Il suo lavoro originario stava all'intersezione di geometria e analisi, ma col tempo si è capito che aveva applicazioni ben più ampie. Come giudica questa sua fecondità?

Io credo fermamente nell'unità della matematica, e nelle strette correlazioni tra tutte le sue parti. Credo che il mio lavoro sia solo una manifestazione di questa unità.

Una medaglia Fields e andata nel 1986 a Simon Donaldson, che e stato suo studente. Come lo ricorda?

Donaldson era uno studente molto indipendente, e fece da solo una scoperta brillante e originale durante il dottorato. A me ha insegnato molto sull'approccio geometrico alle equazioni differenziali non lineari.

Un'altra medaglia Fields è andata invece nel 1990 a Edward Witten, che ha stabilito profonde connessioni tra la fisica e il suo lavoro, in particolare il teorema dell'indice. Se l'aspettava?

Sul momento sono stato molto sorpreso che ciò che facevo avesse importanza per la fisica. Col senno di poi la cosa è meno sorprendente, vista l'area in cui stavo lavorando.

Riguardo a Witten, molti matematici si lamentano che « non abbia mai dimostrato un teorema ». E molti fisici sminuiscono la teoria delle stringhe come una metafisica matematica senza applicazioni pratiche. Lei che ne pensa?

Io ho il massimo rispetto per Witten, sia come fisico che come matematico, e credo che i suoi contributi alla matematica siano superbi. E non è affatto vero che non abbia mai provato un teorema!
Molte delle sue dimostrazioni sono argomenti matematici rigorosi, e hanno solo bisogno di quel po' di ripulitura che ogni specialista può fare. Comunque, le idee sono più importanti delle dimostrazioni.

A proposito di dimostrazioni, nel 1994 lei ha preso posizione sul Bulletin of the American Mathematical Society in difesa di uno «stile d'arrembaggio» in matematica, scatenando un putiferio. Cosa aveva detto, in sintesi?

Che le dimostrazioni sono una parte essenziale della matematica, ma non la sola. La matematica procede per idee, ispirazione e immaginazione. L'abilità tecnica è essenziale per un artista, ad esempio per un pittore, ma non basta. E lo stesso vale in matematica: le dimostrazioni spesso si riducono al tecnicismo, benché possano anche essere combinazioni di tecniche e idee.

Mentre ci sono, posso chiederle qual è la sua filosofia della matematica?

Su certi argomenti mi dichiaro agnostico. Se mi preoccupassi troppo dei fondamenti, finirei col non costruire gli edifici.

Non vuole nemmeno parlare di «filosofia spicciola »? Ad esempio

del perché, secondo lei, la matematica sembra essere così temuta e odiata?

La matematica è una disciplina precisa e impegnativa, ed è inevitabile che la maggior parte della gente la trovi difficile: non credo che diventerà mai veramente popolare. A certi livelli può essere divertente, ad esempio quando si tratta di risolvere dei puzzle.
E naturalmente servirebbe avere insegnanti migliori. Ma l'importante è che alla matematica sia riconosciuto il suo ruolo centrale nella nostra cultura, come fondamento dell'era

tecnologica: i matematici vogliono rispetto, non facile popolarità!

Nel 1983 lei è diventato baronetto, e nel 1992 ha ricevuto l'Ordine del Merito. È stato « soltanto »per i suoi risultati matematici, o ci sono altre ragioni?

Ufficialmente, solo per «servizi resi alla matematica». Il che però non significa solo la ricerca, ma comprende anche altri contributi: ad esempio, all'educazione, che insieme alla divulgazione svolge un ruolo essenziale per mostrare il valore della matematica al pubblico.

E la cerimonia, che effetto le ha fatto?

È stata molto divertente. Ho dovuto inginocchiarmi di fronte alla regina, e lei mi ha passato una spada da una spalla all'altra: per fortuna non era affilata! E, sempre per fortuna, non c'è più l'obbligo per i cavalieri di seguire il sovrano in battaglia.

L'ha conosciuta bene, la regina?

Ho incontrato molte volte sia lei, che altri membri della famiglia reale. Ricordo un episodio divertente di quand'ero rettore del Trinity College: avevamo dato una laurea ad honorem al presidente tedesco, e dopo pranzo il principe Filippo, che in quanto duca di Edimburgo è rettore onorario dell'università, doveva scortarlo insieme a me alla sua macchina. Ma poiché il presidente continuava a stringergli la mano per congedarsi, per non imbarazzarlo il principe lasciò che fossi solo io ad accom-

pagnarlo, e mia moglie dovette intrattenerlo da sola per un intero quarto d'ora: poi mi disse che le era sembrato un'eternità!

Al Trinity lei è stato rettore dal 1990 al 1997: qual è stata la politica scientifica del suo mandato?

In realtà il rettore è un monarca costituzionale, e non ci si aspetta da lui che abbia una «politica». Ma come direttore del Dipartimento di matematica dell'Università di Cambridge ho cercato di colmare il fossato tra la matematica e gli altri campi, organizzando seminari comuni con fisici, biologi, ingegneri ed economisti, perché considero il legame con le altre scienze una priorità vitale per la matematica.

Contemporaneamente, dal 1990 al 1995, lei è stato anche presidente della Royal Society.

Sì. E questa volta c'era una politica, che prima di me era quella

di « star fuori dalla politica ». Il che, sostanzialmente, significava abdicare alle responsabilità che comporta l'uso della scienza.
Io ho fatto un grande sforzo per coinvolgere maggiormente la Royal Society negli aspetti sociali della scienza, nel modo in cui essa influenza le nostre vite. Credo di esserci riuscito, e di aver in particolare costretto gli scienziati a un maggior confronto con i sociologi e i filosofi.

Dal 1997 al 2002 lei è poi stato presidente della Conferenza Pugwash, che ha vinto il premio Nobel per la pace nel 1995. Come si è trovato coinvolto in questa attività?

Alla Royal Society dovevo tenere un discorso presidenziale ogni anno. In quello di addio ho criticato fermamente la politica nucleare inglese, e la cosa ha creato un certo fermento: così mi sono ritrovato presidente della Pugwash. Sfortunatamente la situazione mondiale è deteriorata malamente durante i cinque anni della mia carica, e abbiamo dovuto lavorare duramente per allentare la tensione in molte zone critiche del mondo. In particolare, durante la diatriba sul nucleare tra India e Pakistan.

Cosa possono fare gli scienziati in generale, e i matematici in par-

ticolare, contro gli armamenti nucleari? A parte, ovviamente, non collaborare al loro sviluppo?

Devono preservare la loro integrità, senza svendersi al governo, all'esercito o all'industria. Il loro compito è duplice: sviluppare la scienza per il beneficio dell'umanità, e sensibilizzare l'opinione pubblica sulle questioni scientifiche importanti. Ma lo possono svolgere solo se mantengono la fiducia della gente. Quanto ai matematici, il loro lavoro li allena a pensare con precisione, e a esplicitare ipotesi nascoste: tutte qualità che, applicate alla sfera politica, aiutano a produrre politiche sensate, a partire dai tentativi per preservare la pace.

A proposito di politica, cosa pensa della cosiddetta «guerra al terrorismo » delle amministrazioni Bush e Blair?

Credo che sia stata un disastro, soprattutto in Iraq. Bush e Blair rimuovono le vere cause del problema e si concentrano sulle « soluzioni militari ». Dovrebbero invece fare pressione su Israele perché vengano soddisfatti i bisogni del popolo palestinese: un'equa soluzione del conflitto arabo-israeliano sarebbe il modo migliore di prevenire il terrorismo! Quanto a Blair, credo che abbia perduto molta credibilità con il suo supporto incondizionato alla politica di Bush.

Per concludere con la matematica, quale pensa sia stato il suo aspetto più significativo nello scorso secolo?

Lo sviluppo più notevole è stato quello delle idee topologiche e la loro influenza in altre aree. Penso, ad esempio, al meraviglioso uso da parte di Serre e Cartan, negli anni '50, della cosmologia nella geometria algebrica.

E quali saranno invece le aree di maggior ispirazione nel nuovo secolo?

Predire il futuro è difficile e azzardato. Comunque, alla breve la fisica continuerà a essere il campo di applicazione più significativo.
Subito dopo viene l'informatica. Biologia ed economia hanno, invece, ancora molta strada da fare nella direzione della matematizzazione.

2)

ENRICO BOMBIERI

Da quando, più di duemila anni fa, Euclide dimostrò che i numeri primi sono infiniti, scoprire come sono distribuiti è diventato uno dei problemi fondamentali della teoria dei numeri, e ha dato origine a innumerevoli congetture: dall'ipotesi dei primi gemelli, secondo la quale ci sono infinite coppie di primi la cui differenza è 2 (come 3 e 5, o 10.006.427 e 10.006.429), all'ipotesi di Riemann, che costituisce il più famoso e importante problema aperto della matematica, al quale Marcus Du Sautoy ha dedicato L'enigma dei numeri primi (Rizzoli, 2004).
Il libro si apre con il racconto di un famoso pesce d'aprile giocato nel 1997 da Enrico Bombieri alla comunità dei matematici, nel quale si annunciava lo smacco della soluzione del problema da parte di un fisico delle particelle. E se la gente ci cascò fu perché Bombieri è considerato l'eminenza grigia dei numeri primi: in particolare, per aver dimostrato il teorema del valor medio sulla loro distribuzione, che ha contribuito a fargli vincere la medaglia Fields nel 1974, e a farlo così diventare l'unico italiano che abbia mai ottenuto l'ambito riconoscimento.

Senso dello humour a parte, gli interessi extramatematici di Bombieri sono innumerevoli: dipinge ritratti, cerca funghi e colleziona francobolli, conchiglie e ceramiche islamiche... L'abbiamo incontrato il 13 ottobre 2003 e il 26 gennaio 2006 nel suo studio all'Institute di Princeton, che reca tracce di tutti questi interessi alle pareti e sugli scaffali delle librerie.

Vogliamo parlare della matematica, che è allo stesso tempo la regina delle scienze e la bestia nera degli studenti?

Mi sembra di notare in questi ultimi anni una diffidenza del pubblico verso la scienza in generale. La matematica, poi, non è mai stata la sua beniamina. Come diceva un mio amico:

« Finché si insegnerà algebra nelle scuole, la gente continuerà a pregare ». Dobbiamo cercare di mostrare al pubblico che la matematica non è fine a se stessa, e che non va sottovalutata perché è uno strumento fondamentale di tutte le scienze.

E per quanto riguarda invece le arti?

Basta leggere uno scrittore come Borges, con le sue biblioteche di Babele che si estendono all'infinito, con i suoi giardini dai sentieri che si biforcano in continuazione, per rendersi conto di come la matematica possa ispirare il poeta e lo scrittore. Anche nelle arti figurative e nella musica l'artista ha sempre cercato proporzioni matematiche, da Piero della Francesca a Schònberg.

Benché la matematica sembri essere un'impresa senza tempo, quella moderna e molto diversa da quella antica. In che cosa si differenziano?

La matematica del passato, pur senza perdere validità, viene inglobata in teorie più ampie, e il punto focale della ricerca si sposta. I problemi fondamentali della matematica antica o sono stati risolti, o sono passati in secondo piano.
Anche i matematici di oggi sono diversi da quelli di ieri. Il dilettantismo dei grandi amatori, da Fermai a Pascal, ha lasciato il posto al professionismo tipico dei tempi moderni, dall'arte allo sport.
È inevitabile che, con l'aumentare delle conoscenze, la figura leonardesca dello scienziato universale sia scomparsa. La specializzazione ha effetti positivi, quali il rendimento immediato, ma ne ha anche di negativi, dall'incomunicabilità degli specialisti alla difficoltà di tenere il passo dello sviluppo. Occorrono anche i generalisti, che servono a coordinare il sapere ed evitare errori anche banali, quali la confusione di alcuni dati in centimetri e altri in pollici che ha provocato lo sfracellamento della sonda di Marte.

Il romanzo Zio Petros e la congettura di Goldbach di Doxiadis

(Bompiani, 2000) presenta una visione della matematica come ricerca maniacale di soluzioni di problemi del massimo livello. Lei è d'accordo?

Ho letto il libro, e non credo che la ricerca abbia senso solo se si raggiungono alte vette. La scienza procede in maniera assai più complessa, e alle grandi conquiste si arriva per piccoli passi. Ma anche i fallimenti hanno il loro ruolo, perché alla fine indicano la retta via.

A proposito della congettura di Goldbach, che afferma che ogni numero pari è la somma di due numeri primi, proprio il suo lavoro ha permesso di fare dei passi avanti verso la soluzione.

Non mi sono mai occupato direttamente del problema, ma alcuni miei risultati sulla distribuzione dei numeri primi sono stati di qualche utilità nell’awicinarsi alla soluzione. Ritengo però, e non sono il solo, che la congettura di Goldbach sia poco più di una curiosità: utile per verifìcare l'efficacia di nuovi strumenti matematici e metodi di studio dell'aritmetica, ma di scarso interesse per sé.

Ha un modello di matematico, un grande nome ai quali si ispira? Qualcuno, per dire, di cui terrebbe la foto sulla scrivania?

Ogni matematico ha i propri idoli. Tra i personaggi del passato ammiro in particolare Eulero, per l'eccezionale ingegnosità, originalità e vastità della sua ricerca. Tra i colleghi moderni il mio modello è Jean-Pierre Serre: mi piace paragonare la facilità, profondità ed eleganza del suo pensiero con la musica di Mozart.

Parlando di vincitori di medaglie Fields, come Serre e lei, qui all'Istituto c'è anche Edward Witten. Ma sta in un altro edificio, perché ufficialmente è un fisico.

Le idee di Witten hanno rivoluzionato i metodi di studio degli spazi a 3 e 4 dimensioni, che sono proprio quelle in cui viviamo. L'interazione della fisica con la matematica sta crescendo, con successi che possiamo definire spettacolari. Ma anche l'in-

formatica ha ispirato una nuova area della matematica: la teoria della complessità. E l'analisi del genoma ha portato a nuovi sviluppi del calcolo combinatorio. Direi che la matematica di oggi stia attraversando un periodo felice, di massima interazione con le altre scienze.

La matematica sta anche invadendo campi come l'etica e la morale. Lei pensa che sarà possibile realizzare una specie di sogno leibniziano allargato, arrivando a prendere decisioni mediante un Calculemusr?

Questa domanda ha un sapore fantascientifico. Certamente sono stati fatti progressi enormi nel quantificare, attraverso la matematica, fenomeni che sono tipici dell'economia, delle scienze sociali e della politica. L'utilità pratica della teoria dei controlli o della teoria dei giochi è innegabile e porterà benefici per tutti nel futuro prossimo, non solo in quello remoto. Tuttavia, ridurre le decisioni a calcoli più o meno automatici mi sembra una pericolosa utopia.

Da un punto di vista personale, che cosa vuol dire essere un matematico? Quali sono le gioie e le soddisfazioni di un mestiere così lontano da quelli della gente comune?

Per me essere matematico è stato come rispondere a una vocazione, che mi ha dato grandi soddisfazioni e della quale non mi sono mai stancato. È sempre una grande gioia arrivare a comprendere una teoria nuova, e immaginare cosa di bello e utile potrà venirne fuori.

Quali sono stati i momenti più toccanti della sua carriera, dal punto di vista emotivo?

In generale, i rari momenti in cui, dopo un periodo di lavoro intensissimo, in pochi secondi tutto diventa improvvisamente chiaro, il grande ostacolo viene aggirato e la mente può spaziare su un nuovo panorama. Nello specifico, le ricerche che ho condotto con Ennio De Giorgi sulle superfici minime e sulle equazioni che controllano il fenomeno della tensione superficiale, utili nello studio della capillarità.

Che interessi ha un matematico, al di fuori del suo lavoro? Ad esempio, so che dipinge e colleziona varie cose.

La pittura è la mia seconda attività, più una passione che uno svago. Mi piacciono molto il disegno e l'acquaforte, e prediligo i temi figurativi. Il periodo del collezionismo è passato, e mi è rimasta solo una collezione di conchiglie di tutto il mondo. Mi piace anche leggere, in particolare la poesia. Certamente la matematica e la scienza non sono tutto: c'è tanto altro di bello da conoscere. Il sapere è inesauribile.

3)

ALAIN CONNES

Tutti sanno, naturalmente, che gli eventi della vita non sono commutativi: ad esempio, sposarsi e avere dei figli non è la

stessa cosa che avere dei figli e sposarsi. Benché le solite operazioni di somma e prodotto siano invece commutative, non mancano gli esempi contrari anche in matematica: dai quaternioni di William Hamilton del 1843, alle algebre vettoriali di Giinther Grassmann del 1844, alle algebre matriciali di Arthur Cayley del 1855.
L'applicazione più nota della non commutatività di queste ultime è probabilmente quella scoperta da Max Born e Pascual Jordan nel 1925, che traduce in termini algebrici il famoso principio di indeterminazione di Werner Heisenberg: essa ha fornito il punto di partenza per una nuova geometria non commutativa che ha reso famoso Alain Connes, vincitore della medaglia Fields nel 1983.

Oltre a essere uno dei più apprezzati fisici matematici viventi, Connes è noto a un pubblico più vasto per aver difeso le sue radicali idee sulla filosofìa della matematica in due libri di successo: Pensiero e materia (Boringhieri, 1991), un'interessante conversazione a due con il neurobiologo Jean-Pierre Changeaux sulle basi biologiche della matematica, e Triangolo di pensieri (Boringhieri, 2001), un'affascinante conversazione a tre, con Andre Lichnerowicz e Marcel Paul Schiitzenberger, sulla natura della matematica e le sue applicazioni. Abbiamo incontrato Connes in pubblico il 23 ottobre 2002 a Torino, in occasione del conferimento del premio Peano della Mathesis a entrambi, e il 21 marzo 2004 a Parigi, in occasione di un dibattito al Salon du Livre.

Lei professa un realismo filosofico estremo, secondo cui gli enti matematici non solo esistono, ma hanno addirittura una realtà maggiore degli oggetti del mondo esterno. Su cosa basa questa sua fede?

La ragione principale risiede nell'elusiva « ovvietà » della realtà esterna: le cose che ci circondano resistono e permangono, e sono una fonte inesauribile di informazioni. La stessa cosa accade per gli enti matematici. Questi ultimi, però, a volte si possono determinare completamente sulla base di sole nozioni astratte: cosa che non sappiamo fare per nessun oggetto del mondo fisico.

Fino a che punto si spinge il suo realismo? Sono solo i numeri naturali ad avere un'esistenza indipendente, o la cosa vale anche per concetti via via più astratti, dai numeri reali agli infinitesimi?

Io distinguo fra una « realtà matematica primordiale », e i concetti che noi sviluppiamo per capirla: è la stessa distinzione fra gli oggetti che si scoprono e gli strumenti usati per scoprirli. Ad esempio, la struttura del DNA si può osservare mediante il microscopio elettronico: ora, l'uomo ha creato il

microscopio, ma non il dna. Nel caso della matematica, i numeri naturali appartengono certamente alla realtà primordiale, gli infinitesimi no. Altri concetti stanno a metà fra questi estremi.

Che relazione c'è fra la realtà materiale e quella matematica?

Sono pronto a scommettere che un giorno si scoprirà che la prima fa parte della seconda. Credo che uno dei criteri di comprensione del mondo fisico stia proprio nella capacità di capire quale sia la sua posizione all'interno del mondo matematico. Le prove mancano ancora, ma gli indizi abbondano già. Pensiamo alla tavola periodica degli elementi: Mendeleev l'ha scoperta sperimentalmente, ma la si può dedurre molto semplicemente in maniera matematica.
Se la realtà materiale fosse parte di quella matematica, l'efficacia della matematica nelle scienze naturali risulterebbe automaticamente spiegata.
È effettivamente sorprendente che teorie matematiche sviluppate soltanto in base a una logica interna arrivino poi a spiegare la realtà esterna. Un esempio meraviglioso sono le geometrie non euclidee, che in origine erano solo dei controesempi all'asA

sioma delle parallele di Euclide. Attraverso la geometria di Riemann e la relatività generale di Einstein sono diventate un ottimo modello dello spazio-tempo, con ricadute tecnologiche inaspettate: ad esempio, nel sistema di posizionamento GPS.

Questo passaggio dalle riflessioni logiche alle applicazioni pratiche è tipico della sottigliezza e della ricchezza delle relazioni tra fisica e matematica.
Mentre però nel passato le relazioni andavano in genere dalla matematica alla fisica, oggi la teoria delle stringhe ha invertito la tendenza.
Stiamo forse assistendo a una unificazione delle due discipline?

Non credo. È vero che la teoria delle stringhe ha introdotto molte idee nuove, in particolare nel campo della geometria complessa, grazie soprattutto ai lavori di Edward Witten. Ma la maggior parte di questa teoria è pura matematica, ancora molto lontana dalla fisica e dalle applicazioni.

Lei ha proposto un interessante modello matematico del tempo psicologico. La matematica può fornire concetti e metodi per la soluzione di problemi filosofici?

La matematica è certamente la miglior fonte di ispirazione di nuovi concetti, anche in filosofia. Quanto ai metodi, pensiamo al teorema di Godei, che prova l'esistenza di verità non dimostrabili in qualunque sistema assiomatico per l'aritmetica: lungi dall'essere soltanto un risultato di incompletezza, a mio parere

esso fornisce una risposta al problema della natura degli oggetti matematici, ed è dunque un bell'esempio di soluzione matematica a un problema filosofico.

Nel suo libro con Changeaux lei cedeva il trattamento dell'etica al neurobiologo. Non pensa che la matematica abbia una funzione da svolgere anche in questo campo?

Non credo che sia una buona idea cercare di basare l'etica sulla matematica, a causa dell'incredibile numero di parametri sconosciuti nel comportamento. Se non teniamo conto di questo, corriamo un forte rischio di commettere gravi errori di giudizio.

337

Alcune sue pagine, nelle quali lei descrive la sua esperienza matematica, sembrano quasi scritte da un mistico che descrive la sua esperienza religiosa. Si può considerare la matematica come una forma superiore di religione?

In un certo senso, direi proprio di sì. Ad esempio, invece di parlare dell'anima io parlo di un Io universale codificato nell'informazione genetica, e dell'individuo come di una realizzazione materiale di quell'Io astratto attraverso la sua interazione con il mondo della realtà fisica.

Più concretamente, cosa caratterizza la condizione umana del matematico?

La solitudine. Non per scelta, ma perché per trovare qualcosa di veramente originale bisogna essere soli. Il che non significa che ci si senta soli: si è di fronte a qualcosa di colossale, che è presente e si cerca di catturare, qualcosa che implica addirittura dei sentimenti. Si sperimenta un'incredibile presenza dell'intuizione.
E si trova anche un rifugio: nei momenti difficili della quotidianità materiale si può leggere Seneca oppure rifugiarsi nella matematica, nella sua straordinaria atemporalità.

E si trovano mai risposte definitive?

Questo no, certamente. Ci sono risposte momentanee, più raffinate delle precedenti. Istanti in cui le cose si semplificano, si cristallizzano. Ma l'ultima parola non viene mai detta.

4)

BENOIT MANDELBROT

Tra le novità della matematica moderna che sono arrivate anche alla gente comune, fino a catturarne l'immaginario, c'è certamente la parola frattale. Letteralmente essa significa « oggetto fratturato », e tecnicamente indica una figura costituita di parti che riproducono in scala più piccola l'intera figura, con un effetto di mise en abyme che ha reso questi oggetti popolari non solo nella grafica computerizzata, ma anche nei poster e sulle magliette.
Il re dei frattali è Benoit Mandelbrot, che ha introdotto la parola nel 1975 in Gli oggetti franali (Einaudi, 2000) e ne ha fatto diventare lo studio uno dei campi più popolari della matematica, con applicazioni che vanno da La geometria della natura (Theoria, 1990) a Il disordine dei mercati (Einaudi, 2005). Al suo nome è naturalmente legato il famoso insieme di Mandelbrot, i cui anfratti riproducono un'infinita varietà di forme e costituiscono una sorta di catalogo universale di tutti i frattali.
Questo arzillo ed entusiasta ottantenne, che ama parlare e raccontare, ci ha intrattenuti a lungo a Genova il 3 novembre 2005, in occasione del Festival della Scienza.

Vogliamo cominciare dalla sua infanzia, che è stata piuttosto movimentata?

Quand'ero bambino mio padre aveva lasciato il paese per la depressione, che in Polonia era molto peggio che in Francia o in Italia: la sua attività era stata completamente spazzata via, e lui si era trasferito a Parigi per cercare di ricominciare. Io ero rimasto con mia madre a Varsavia, ma nel 1936 lei ha capito che le cose non si mettevano bene: benché fosse un medico, e la sua laurea non avesse valore all'estero, decise di raggiungere mio padre a Parigi e si ridusse eroicamente a fare la casalinga.

Lei da chi ha ereditato il talento matematico?

339

Da uno zio paterno che viveva pure lui a Parigi, in maniera un po' schizofrenica: dal lunedì al venerdì faceva il matematico puro al College de France, e nel weekend il pittore. Io ho il suo talento visivo, ma non penso come lui che l'arte e la matematica siano completamente separate: per me sono la stessa cosa, e senza la visualizzazione grafica al computer non avrei potuto fare la maggior parte del mio lavoro.

Che influenze ha avuto, oltre a suo zio?

Da giovane leggevo molti libri sui grandi uomini. A un certo punto decisi che il mio modello sarebbe stato Keplero, perché aveva fatto qualcosa di straordinario: trasformare il giocattolo delle sezioni coniche, che erano fino ad allora un puro divertimento

intellettuale, in uno strumento per descrivere le orbite dei pianeti.

Lei dunque voleva essere un iniziatore?

Sì. E non mi importava niente di quale fosse il campo: uno qualunque sarebbe andato bene, purché io potessi esservi presente in quel momento critico in cui un giocattolo diventa uno strumento. E questo è rimasto il principio guida della mia vita.

A proposito di inizi, è vero che lei rimase alla Scuola Normale un solo giorno?

Sì, perché c'ero entrato non aprendo la porta, ma sfondandola. L'esame di ammissione era incredibilmente difficile, e i migliori studenti riuscivano a mala pena a terminarlo facendo calcoli terribili. Grazie alla mia intuizione io non feci nessun calcolo, e semplicemente vidi le risposte: e una volta viste, diedi dimostrazioni eleganti senza troppa fatica. Ma così facendo andai contro lo spirito, benché non contro la lettera, delle regole: risultai primo, ma mi accorsi di essere fuori posto, come un barbaro che aveva sfondato le difese. Così decisi di andarmene, cosa che molti non mi hanno mai perdonato.

E dove andò?

Dapprima al Politecnico. Lì il mio professore, che se la rideva

del mio atteggiamento, mi disse che a Caltech c'era un tale di nome Theodore von Karman, che non era un grandissimo matematico, ma aveva il dono di saper identificare gli strumenti per risolvere problemi molto pratici. Così ci andai, ma quando arrivai venni a sapere che si era trasferito. Rimasi molto deluso, ma almeno presi una laurea in aeronautica che avrebbe potuto essermi utile nel futuro, se le cose si fossero messe male.

A Caltech non ci fu nessun altro che la ispirò?

Sì, ma in biologia: era Max Delbriick, un fisico che si era dato alla genetica, dove seppe usare gli strumenti che possedeva per creare un nuovo campo.

Lei l'ha conosciuto bene?

Certo. Era un tipo strano: una specie di junker prussiano che in genere non si trova fra gli scienziati innovativi, ma con un intelletto molto libero e veloce. E io imparai da lui che, in circostanze miracolose, si può riuscire a trovare un problema importante che si presta a essere risolto con le tecniche che si posseggono.

Erano anche altri tempi, però.

Sì, una vera età dell'oro. Nel dopoguerra le università brulicavano di gente che magari era stata generale nell'esercito, e ora tornava a scuola a prendere una laurea o un dottorato. Ricordo che una volta diedi un brutto voto a uno studente che risultò essere un pilota molto famoso, e che mi fece una bella lezione sul fatto che lui non era lì per imparare a fare dimostrazioni eleganti, bensì per risolvere problemi pratici che gli dovevano servire sul lavoro.

A proposito di problemi, quali furono i primi ai quali lei lavorò?

Nel 1951 o 1952, quando a Parigi era ancora tutto molto disorganizzato, io mi trovai qualcosa da fare con lo studio delle frequenze delle parole: nessuno se ne interessava, allora, ed era uno di quei casi in cui c'è una regolarità empirica molto forte, ma nessuno ha un'idea del perché. Io non solo la spiegai com-

pletamente, in poche righe, ma lo feci con tecniche prese a prestito dalla fisica statistica: oggi è un'idea banale, ma cinquant’anni fa non lo era.

Incominciò subito, dunque, a mettere insieme campi diversi.

Sì, e ne fui molto soddisfatto. Ma un giorno per strada trovai un amico di mio zio di nome Alfred Kastler, che nel 1966 vinse poi il premio Nobel per la fisica, che mi chiese come andava la mia ricerca. Dopo che gliela ebbi illustrata, lui mi disse che si trattava di un campo che per metà non esisteva più, e per metà non esisteva ancora: come tutti all'epoca, pensava che la fisica statistica fosse morta, e la linguistica matematica non ancora nata. Ma ormai era troppo tardi per cambiare, e io presi il mio dottorato.

E dove andò come post-doc?

A Princeton, da von Neumann.

Ohibò!

In realtà pochi sanno che lui era tragicamente impopolare tra i colleghi. Aveva fatto il dottorato da solo, e poi si era interessato di tutto: meccanica quantistica, teoria dei giochi, algebre non commutative, computer... Ma questo non è ben visto nell'ambiente scientifico, dove vige la ferrea regola che si deve appartenere a un campo solo. O al massimo a due, ma non in parallelo, solo in serie. Se no si finisce per generare invidie e

critiche: soprattutto se, come nel caso di von Neumann, si ha un brutto carattere e un grosso conto in banca.

Da Princeton lei andò direttamente ali'ibmì

No, tornai in Francia per un po'. AIFibm ci andai nel 1958 per un'estate, ma mi accorsi subito che era il posto che cercavo: quello in cui avrei potuto giocare il mio gioco.

In che senso?

Nel senso che uno degli aspetti strani dell'iBM di allora era la sua libera disorganizzazione: faceva parte della loro organizza-

zione essere disorganizzati, e questo attraeva gente come me. E quando cominciarono a essere più organizzati, rimase sempre un angolino per i liberi battitori: un grado di libertà enormemente maggiore che in qualunque altro posto, per i pochi che volevano fare qualcosa di maggior respiro. Per questo rimasi lì: dapprima per un paio d'anni, e infine in modo permanente.

Come fu accolto il suo primo libro sui fruttali, quando uscì nel 1975?

Ebbe varie recensioni molto favorevoli, e molta gente vide immediatamente cosa rappresentava. In parte anche grazie a questo, fui invitato come professore visitatore a Harvard nel 1979-1980. Quello fu il mio annus mirabilis, in cui insegnai il primo corso sui frattali della storia, completamente diverso da qualunque cosa fosse mai stata fatta. Avevo finalmente « raggiunto » mio zio, nel senso che era stato lui a suggerirmi, quando ancora stavo cercando un argomento per la tesi di dottorato, di studiare il lavoro di Gaston Julia.

L'ha mai conosciuto di persona, Julia?

Certo. Era professore di geometria al Politecnico e portava una maschera perché aveva perso un occhio e il naso durante la prima guerra mondiale. Il suo alter ego era Pierre Fatou, che invece era sciancato: si odiavano a vicenda, ma lavoravano agli stessi problemi, e ottenevano gli stessi risultati. Pure Julia e mio zio si odiavano a vicenda, ma allora vigeva la regola che si può ammirare il lavoro di qualcuno anche se lo si odia: così mio zio mi suggerì di studiare l'articolo miracoloso che quell'uomo deprecabile aveva scritto negli anni '20, e che nessuno era riuscito a sviluppare per trent'anni.

Che cosa mancava, per farlo: la potenza del computer?

Assolutamente no: era un fallimento del pensiero, non del calcolo!

Non si sapeva che domande farsi, con o senza il computer. Mancava la visione: sia in senso geometrico, sia in senso metaforico.

E lei cosa fece?

Leggendo per caso il necrologio che Jacques Hadamard aveva scritto per Henri Poincaré, mi accorsi che avevo fino ad allora studiato solo frattali generati da trasformazioni lineari, e che avrei potuto trovare qualcosa di più interessante usando le trasformazioni non lineari usate da Poincaré. E dal 1977 mi misi a studiare frattali basati su trasformazioni non lineari.

Quadratiche?

Non subito. Agli inizi pensai che le trasformazioni quadratiche fossero ancora troppo semplici per essere interessanti: così spesi un anno all'lBM, dove avevo ottimi computer, a fare cose troppo complicate. Ma quando arrivai a Harvard i computer erano pessimi, e dovetti limitarmi controvoglia a giocare con le trasformazioni quadratiche.

E cosa trovò?

L'insieme di Mandelbrot, sul quale però non ho mai dimostrato nessun teorema complicato. Anzi, la congettura fondamentale rimane ancora da dimostrare, in maniera molto preoccupante: qualcuno pensa addirittura che si tratti di un enunciato indimostrabile.

Ma Jean Yoccoz e Curtis McCullen non hanno ottenuto la medaglia Fields, nel 1994 e 1998, per lavori legati al suo insieme?

Sì, ma hanno dimostrato solo una versione locale della congettura, e solo per « quasi tutti » i punti. La versione originaria è globale, e per tutti i punti.

Comunque, quelle due medaglie dimostrano che i frattali oggi sono ben accetti in matematica. Non sembra lo stesso per le loro applicazioni all'economia, invece.

È vero, ed è per questo che mi sono preso la straordinaria briga di scrivere Il disordine dei mercati. Ma a fare resistenza sono solo gli economisti, che continuano a far sparire sotto il tappeto le discontinuità del mercato e a concentrarsi su regolarità che

non sono altro che rumore di fondo. La gente normale invece ha sempre saputo che i mercati sono caotici e i prezzi altamente discontinui: il problema è che prima non c'era una matematica abbastanza sofisticata per tenerne conto.

Dopo una vita spesa a spaziare in tutti questi campi, che desideri le rimangono?

Io non ho mai avuto una scuola: la gente veniva da me a lavorare, ma poi tornava per la sua strada. Il risultato è che molte delle cose che ho fatto sono rimaste allo stato embrionale, e io vorrei che si studiassero più a fondo: la mia impressione, corretta o sbagliata che sia, è che varrebbe la pena investire di più in esse.

E lei cosa sta facendo, ora?

Sto scrivendo le mie memorie, che stanno diventando un'opera gigantesca. Il primo volume, che arriva al momento in cui andai all'lBM, è praticamente finito, ma è troppo lungo ed eterogeneo: dovrò tagliarlo un po'.

Quanti volumi saranno?

Dipende da quanto resisterò alla tentazione di filosofare. Perché se mi metto a disquisire sul ruolo degli outsider nella storia della scienza, ad esempio, già quello potrebbe diventare un libro. Ma per ora non penso agli altri volumi: mi preoccuperò dei ponti quando arriverò al fiume.

5)

SHIGEFUMI MORI

Fra il 1891 e il 1941 la scuola italiana di geometria di Guido Castelnuovo, Federigo Enriques e Francesco Severi ottenne lo spettacolare risultato della classificazione delle varietà algebriche bidimensionali (o superfìci). In alcuni casi gli italiani dimostrarono il risultato in maniera completa, mentre in altri casi le dimostrazioni rimasero incomplete perché mancavano ancora i mezzi tecnici necessari, che vennero sviluppati soltanto negli anni '50 da Kunihiko Kodaira, e gli valsero la medaglia Fields nel 1954. Per questo motivo il teorema di classificazione delle varietà algebriche bidimensionali si chiama oggi di Enriques-Kodaira.

Il più complicato studio delle varietà algebriche tridimensionali fu inizialmente intrapreso da Corrado Segre e Gino Fano, ma in questo caso la mancanza di mezzi tecnici adeguati fu ancora più limitativa che nel precedente, e non permise alla scuola italiana di andare oltre sia pur notevoli intuizioni e congetture. Lo sviluppo della tecnologia necessaria fu invece uno degli spettacolari risultati della scuola giapponese di geometria

algebrica di Heisuki Hironaka e Shigefumi Mori, che ottennero per i loro lavori la medaglia Fields nel 1970 e nel 1990.
Abbiamo intervistato Mori a Torino il 3 ottobre 2002, in occasione della laurea honoris causa assegnatagli dall'Università nel corso delle celebrazioni del cinquantenario della morte di Fano.

Per cominciare dagli inizi, qual e il suo ritratto di matematico da giovane

È una domanda ufficiale?

Se vuole, posso fingere di non sentire.

No, no, scherzavo. Il fatto è che da bambino ero un buono a

346

nulla: non riuscivo bene in niente, compresa la matematica, e mi mancava ogni sicurezza. I miei genitori mi mandavano al doposcuola al pomeriggio, perché lavoravano, e non ero bravo nemmeno lì. Ma un giorno misero in palio una torta per la soluzione di un problema aritmetico, e la vinsi io. Questo mi ha dato un minimo di sicurezza: non molta, ma abbastanza per cominciare.

E quando ha deciso che sarebbe diventato un matematico?

Negli ultimi anni del liceo, a Nagoya. Mi accorsi che ero diventato bravo in matematica, non so perché: forse ero maturato intellettualmente.

Ricorda un momento particolare?

In quegli anni leggevo un mensile per studenti che si preparavano all'esame di ammissione all'università, e vi trovai dei problemi che mi attrassero. Non erano avanzati, ma per risolverli ho dovuto imparare a concentrarmi e pensare in profondità.

E come funziona il suo pensiero matematico?

Ad alti e bassi. Quand'ero giovane e attaccavo un problema, ci lavoravo per mesi e alla fine mi sentivo spossato: per un po' di tempo non riuscivo più a pensare, e potevo solo leggere romanzi polizieschi. E gli alti e bassi ci sono non solo alla lunga, ma anche alla breve: anche nei periodi creativi esistono momenti di ispirazione e fasi di sedimentazione. In queste fasi leggo storie brevi o racconti, per rinfrescare la mente.

Visto che il suo campo è la geometria algebrica, lei pensa più in termini di immagini geometriche o di calcoli algebrici?

Io scriverei piuttosto che mi interesso di «Geometria Algebrica», con le maiuscole, perché sono sostanzialmente un algebrista.

La visualizzazione in immagini mi serve solo per aiutare l'ispirazione. O per parlare di certe cose in un'intervista.

Parliamone, allora. Che cosa visualizza quando pensa alle superfici e alle varietà algebriche?

Non è facile dirlo. Alcune entità matematiche sono molto difficili da spiegare ai non addetti ai lavori, e le varietà algebriche sono fra quelle.

Credevo che averne una descrizione in termini di equazioni rendesse le cose più semplici!

Questo è precisamente il punto di vista della geometria algebrica, ma la gente non la pensa così: in genere le equazioni non piacciono!

Che cosa succede, dunque, nell'immaginazione?

La stessa cosa che è successa nell'impressionismo o nel cubismo, quando si è cercato di svincolarsi dalle restrizioni della rappresentazione realistica, o di disegnare qualcosa che è impossibile da disegnare, perché ha troppe dimensioni rispetto alle due della tela.

Più precisamente?

A ogni varietà algebrica si può associare quello che Hironaka chiamò un cono di curve, che nei casi più semplici assomiglia effettivamente a un cono di gelato. Io ho scoperto che in casi più complessi una parte del cono ha invece una struttura piramidale: i lati della piramide si chiamano « raggi estremali », e codificano una particolare informazione geometrica.

E come si esplicita il passaggio dalle varietà algebriche ai coni associati?

Io non cerco di esplicitare il processo intermedio. D'altronde, Picasso non spiegava perché disegnasse una persona con una testa piramidale o un naso a cono: questi sono fatti dell'artista, e non devono interessare chi guarda il quadro.

E i coni sono sufficienti per classificare queste varietà?

No, perché contengono solo una parte dell'informazione possibile. È come in economia: c'è un'infinità di possibili indicatori numerici, ma se ne scelgono solo alcuni. Il problema è capire cosa significano. Nel caso dei coni, quando la parte pira-

nudale non c'è si ha quello che si chiama un «modello minimale», e la classificazione di Enriques e Kodaira delle varietà a due dimensioni è, in essenza, una classificazione dei loro modelli minimali.

Come arrivò Kodaira a interessarsi di queste cose « italiane»?

Non saprei: credo attraverso Zariski, che era stato a lungo in Italia. Forse può suonare strano, ma un matematico può lavorare in un certo campo anche senza conoscerne la storia!

Ha conosciuto Kodaira personalmente?

L'ho incontrato un paio di volte. La prima volta ho seguito qualche conferenza che venne a dare all'Università di Kyoto, dove studiavo, ma non gli ho parlato. La seconda volta fummo presentati, dopo che avevo vinto la medaglia Fields: abbiamo chiacchierato un po', ma non molto.

Però avrà studiato i suoi lavori.

Sì, ma non ero un bravo studente! Non ero interessato alla sua teoria della classificazione, ma ad altre cose: in particolare, alla congettura di Hartshorne (tecnicamente, si trattava di dimostrare che se la curvatura di una varietà algebrica è sempre positiva, allora si ha uno spazio proiettivo). Era un problema molto difficile, e io ne affrontai un caso particolare. Credetti di averlo dimostrato, ma poi mi accorsi che la dimostrazione non funzionava. L'argomento però dimostrava qualcos'altro, cioè l'esistenza della parte piramidale del cono di Hironaka al quale ho accennato prima, e quello divenne il mio miglior risultato.

Hironaka l'ha conosciuto meglio di Kodaira?

Certamente. Quand'ero laureando lui tornò in Giappone dagli Stati Uniti e tenne un corso semestrale che seguii. Un giorno sono andato in mensa e l'ho visto: ho deciso di parlargli, anche se temevo di disturbarlo, ma lui si rivelò molto gentile e facile da avvicinare. Mi diede un paio di esempi molto interessanti, e fu una delle cause che mi spinsero a entrare in questo campo.

Come si arrivò alla classificazione delle varietà algebriche a tre dimensioni?

Da principio si provò a estendere l'approccio per le varietà a due dimensioni, cercando di costruire modelli minimali simili, ma senza successo. C'erano varie difficoltà, e a un certo punto si cominciò a credere che non ci fossero sempre. Ad esempio, si

trovarono varietà che non hanno modelli minimali lisci, senza singolarità.

Ma Hironaka non aveva dimostrato che si possono sempre eliminare le singolarità?

Sì, ma in quel modo si esplodono i modelli e si va nella direzione contraria della minimalità. Intuitivamente, un modello minimale è qualcosa che non si può rimpicciolire, mentre l'eliminazione di una singolarità allarga una varietà.

Ma alla fine lei riuscì a trovare modelli minimali per tutte le varietà tridimensionali e a classificarle, no?

A dire il vero, io ho solo ottenuto i modelli minimali. La classificazione delle superfici l'ho lasciata fare ad altri: come ho detto, non era questo il mio interesse.

E che relazioni ci sono con la classificazione di Thurston delle superfici topologiche tridimensionali, che gli e valsa la medaglia Fields nel 1982?

Le varietà algebriche tridimensionali sono complesse, quindi si tratta in realtà di superfici a sei dimensioni. Si possono ottenere superfici tridimensionali restringendosi ai loro punti reali, ma non saprei come queste superfici si situano nella classificazione topologica.

In topologia i casi difficili della classificazione sono quelli atre o quattro dimensioni, mentre in dimensioni maggiori le cose diventano più semplici. E lo stesso in geometria algebrica?

Non credo. La mia impressione è che, col crescere delle dimensioni, le cose si complichino.

Una volta completato il programma dei modelli minimali, di che cosa si è interessato?

Di una generalizzazione delle varietà, che si ottiene mettendo insieme pezzi di varietà che non combaciano perfettamente.
È di nuovo come nei dipinti di Picasso, dove ci sono vari pezzi di immagini che non si amalgamano completamente.

E cosa vorrebbe ancora avere dalla matematica, in futuro?

Ho già ottenuto tanto, non saprei proprio cosa chiedere di più.

Non ci sono particolari problemi che vorrebbe risolvere?

Non sono un tipo da far congetture.

Solo in matematica, o anche nella vita?

In entrambe, direi!

6)

DAVID MUMFORD

Benché in genere i matematici si interessino o di matematica pura o di matematica applicata, con una scelta di campo che li condiziona per tutta la vita, esistono a volte menti universali che riescono a spaziare da un estremo all'altro dello spettro. A metà del Novecento l'esempio più tipico è stato John von Neumann, il pirotecnico ungherese i cui contributi sono andati dalle più eteree astrazioni della logica e della meccanica quantistica alle più concrete realizzazioni dell'economia e dell'informatica.

Un matematico della specie eclettica è certamente David Mumford, che dopo aver militato per vent'anni nel campo della geometria algebrica, conseguendo risultati memorabili che gli sono valsi nel 1974 la medaglia Fields, ha compiuto negli ultimi vent'anni un'inversione a U ed è passato allo studio del riconoscimento delle forme. Ma la ricerca, pura o applicata, non gli ha impedito di « sporcarsi le mani » nelle più svariate attività pratiche, dalla presidenza dell'Unione Internazionale dei Matematici dal 1995 al 1998, alla pubblicazione nel 2002 del testo divulgativo Le perle di Indra, insieme a Caroline Series e Dave Wright (in traduzione da Bollati Boringhieri).

L'abbiamo intervistato il 25 giugno 2002 a Providence, chiedendogli di parlarci della matematica spaziando dal personale all'universale, come si addice al personaggio.

Come si è accorto di avere la « vocazione» per la matematica?

Quando andavo a scuola la trovavo semplice e divertente, ma senza sostanza: credevo che questa stesse nella fisica. Solo all'università ho cominciato a trovare parti stimolanti della matematica, e sono rimasto agganciato. La facilità nel fare conti o espressioni è necessaria per tutte le professioni quantitative (scienza, ingegneria, economia), ma la «vocazione» si sente

quando si vede che la matematica vive, che crea un suo mondo che può essere esplorato allo stesso modo dell'universo fisico, benché esista soltanto a livello mentale.

Lei ha esplorato il mondo della geometria algebrica, che è stato scoperto dalla scuola italiana di Castelnuovo, Enriques e Severi.

Ho amato il loro lavoro, anche se più che leggerlo ho cercato di ricrearlo nel nuovo linguaggio introdotto da Zariski. La cosa meravigliosa è che, con i soli strumenti molto semplici di cui disponevano, gli italiani avevano compreso cose molto sottili.
Io spesso mi sentivo soltanto come un muratore che aggiungeva cemento alle pietre dell'edificio che quegli architetti avevano costruito. Hanno certamente fatto alcuni errori, lasciandosi prendere la mano dalla loro visione, ma avevano un'intuizione formidabile.

Questo suo lavoro le è valso la medaglia Fields nel 1974. Che cosa significa, per un matematico, raggiungere un tale obiettivo?

Da un lato, si è trattato di un'affermazione sorprendente: io non mi ero mai sentito a quel livello, mi stavo solo divertendo a dimostrare teoremi, e la medaglia mi ha fatto capire che ciò che facevo era buono. Dall'altro lato, sono sempre stato conscio del fatto che la scelta è capricciosa, e che vincere ti divide dagli amici. I premi sono una cosa strana.

In seguito lei ha fatto parte del comitato di assegnazione delle medaglie, e l'ha anche presieduto. Non pensa che alcune aree o scuole siano favorite, e altre penalizzate?

Certamente ci sono delle mode nella matematica, gruppi che sono «in» e altri che sono «out». Nel comitato io mi sono battuto perché ci fosse più rappresentatività, e in parte ho raggiunto lo scopo. Nel passato la logica è stata penalizzata, ad esempio, e avrebbe potuto vincere almeno due medaglie. Ma la peggiore omissione è quella della scuola russa: la colpa in parte è della nostra ignoranza del loro lavoro, e in parte dell'inefficacia dei loro membri nel comitato.

A proposito della logica, so che lei non la ama come fondamento della matematica. Perché?

La camicia di forza in cui la logica costringe il mondo è stata utile agli inizi per permettere alla matematica di prendere piede come impresa intellettuale. Affrontando le cose nella loro complessità, non si sarebbero mai scoperte cose come il teorema di Pitagora, che valgono soltanto in mondi idealizzati e purificati.
Col passare del tempo, però, e soprattutto ora che stiamo cercando di capire l'intelligenza e il pensiero in maniera scientifica, ci stiamo accorgendo che il mondo si capisce meglio, in generale, con la probabilità e la statistica.

Lei è stato coinvolto in un progetto sull'insegnamento del calcolo

infinitesimale a Harvard. Come si può modernizzare la didattica della matematica?

Per il calcolo, noi abbiamo cercato di combinare la manipolazione algebrica, la visualizzazione geometrica e la simulazione numerica, oltre al fatto di usare soltanto esempi reali e rilevanti per la vita quotidiana. Nell'algebra, che sembra essere l'ostacolo maggiore per gli studenti, si potrebbe ad esempio esplorare l'uso di acronimi al posto delle variabili, oppure l'uso dei fogli elettronici.

Più ingenerale, cosa si può fare per migliorare la pessima immagine che la matematica ha fra gli studenti?

La mia speranza è che si possa insegnare l'amore per i numeri mostrando che sono utili e potenti per descrivere il mondo. Ho notato spesso che i giornali evitano di pubblicare numeri nei loro articoli, e io trovo la cosa insultante. Ad esempio, quanti dei nostri lettori conoscono l'ammontare del pil? Se la gente fosse più abituata a pensare quantitativamente, le cose cambierebbero.

Non pensa che, in parte, questo sia dovuto al fatto che i matematici snobbano la divulgazione, a differenza dei fisici?

Sfortunatamente, sono d'accordo. Gente come Feynman ha re-

so un gran servigio alla divulgazione della fisica, e noi dovremmo imparare. Io ci ho provato con Le perle di Indra, in cui cerco di spiegare un po' di « vera » matematica nel modo più semplice possibile. Scrivere cose del genere è difficile, ma può servire.

Lei è stato sia il vicepresidente che il presidente dell'Unione Internazionale dei Matematici. Quali sono gli scopi dell'Unione?

Nel passato, aveva come scopo principale l'organizzazione del Congresso Internazionale che si tiene ogni quattro anni. In tempi recenti ha cominciato ad aiutare i matematici a rispondere alla sfida di Internet, come mezzo di informazione e comunicazione elettronica. La comunità non era organizzata, e la transizione sta richiedendo una completa riallocazione delle risorse finanziarie e un cambiamento radicale delle abitudini professionali.

A proposito di informazione, quale pensa siano stati i risultati matematici più importanti degli ultimi tempi?

Be', io non sono più un matematico puro da tempo, perché ora mi occupo di applicazioni all'Intelligenza Artificiale. In questo campo, la teoria di Vladimir Vapnik sull'apprendimento statistico è la più profonda idea emersa degli ultimi decenni. Nella matematica pura, invece, penso che il risultato più importante sia

stato quello di Andrew Wiles: non tanto la dimostrazione dell'ultimo teorema di Fermat, quanto piuttosto della congettura di Taniyama, Shimura e Weil da cui esso deriva.

E quali sono, invece, le sfide più stimolanti per il futuro?

Non si può sbagliare, se si citano quelle più note: il problema P = NP, la congettura di Poincaré e la teoria della turbolenza di Navier e Stokes, che sono rispettivamente i più importanti problemi aperti dell'informatica, della topologia e della matematica applicata tradizionale.

Più in generale, quale sarà l'area della scienza che offrirà più ispirazione alla matematica?

355

Certamente la biologia. È qui che ora avvengono i giochi, e così sarà ancora per un bel po'.

Scienza a parte, qual è il ruolo della matematica nella cultura?

Una persona acculturata dovrebbe anche essere « enumerata » e sapere che nel mondo delle idee contare e misurare sono attività tanto importanti quanto il parlare. E forse anche di più, visto che la matematica è il linguaggio in cui Dio ha scritto le leggi dell'universo.

7)

JEAN-PIERRE SERRE

Anche tra le cime della matematica ci sono, a volte, picchi che svettano più alti di tutti gli altri. Uno è certamente Jean-Pierre Serre, che dopo essere stato nel 1954, a soli ventott'anni, il più giovane vincitore della medaglia Fields, nel 2003 è anche diventato il primo vincitore del premio Abel, istituito dall'Accademia delle Scienze e delle Lettere norvegese l'anno prima.
Nella prolusione per il conferimento della medaglia Fields, il vecchio Hermann Weyl dovette a malincuore riconoscere che i lavori del giovane Serre segnavano una sorta di passaggio delle consegne, nella matematica, dall'analisi complessa all'algebra astratta. Ma poco dopo Serre cambiò campo e si dedicò alla geometria algebrica, mutandone l'aspetto con lavori che divennero immediatamente dei classici da indicare con le sole iniziali, come fac (« Fasci algebrici coerenti ») o gagà (« Geometria algebrica e geometria analitica»).

Membro storico di Bourbaki e amico di una vita di Andre Weil, Serre è stato all'origine di idee i cui sviluppi hanno portato alla medaglia Fields Alexander Grothendieck nel 1966, e Pierre Deligne nel 1978. Come spesso succede ai geni, però, Serre non è una persona facile: notoriamente scorbutico e caustico, non ama affatto lo Smalltalk, e meno che mai le interviste.

La sorpresa per l'annuncio dell'assegnazione del premio Abel deve però avergli fatto abbassare per un attimo la guardia, visto che un paio di giorni dopo, il 12 aprile 2003, ha sorprendentemente acconsentito a rispondere ad alcune nostre domande, dopo aver bruscamente rifiutato in altre occasioni.

L'annuncio ufficiale del premio Abel cerca di stabilire una connessione tra il suo lavoro nella teoria dei numeri e quello di Abel stesso. Lei vede differenze tra la matematica moderna e quella classica?

Non molte. E la dimostrazione è che non si può nemmeno definire ciò che è classico e ciò che è moderno! Naturalmente, i matematici continuano a introdurre nuove tecniche e nuove definizioni, che aiutano a risolvere alcuni problemi lasciati dai nostri predecessori. Ma non c'è stata nessuna vera discontinuità, ad esempio negli ultimi 250 anni.

Sembrerebbe però che la nozione di dimostrazione sia cambiata radicalmente.

In realtà, no. Ad esempio, la dimostrazione di Euclide che ci sono infiniti numeri primi è tanto valida ora quanto lo era ventitré secoli fa. E noi cerchiamo ancora di scrivere le dimostrazioni in quello stile.

Pensavo, ad esempio, alla dimostrazione del teorema dei quattro colori, che ha richiesto 2000 ore di verifiche al computer. O a quella collettiva del teorema di classificazione dei gruppi finiti, che prende 10.000 pagine. O a quelle ispirate alla fisica di Witten...

Nei primi due casi, dimostrazioni che sono così lunghe da essere impossibili da verificare sono più che altro dei risultati sperimentali. Quanto a Witten, non chiamerei i suoi argomenti delle dimostrazioni: sono più vicini a congetture o, al massimo, ad abbozzi di future dimostrazioni.

Vari anni fa lei aveva accennato a un suo crescente interesse per la storia della matematica. Si è sviluppato, in seguito? E ha prodotto qualcosa nello stile, ad esempio, della Teoria dei numeri di André Weil (Einaudi, 1993)?

L'interesse c'è. Le pubblicazioni, no.

A proposito della storia, quale matematico l'ha più influenzata attraverso il suo insegnamento o è stato il suo modello attraverso i suoi lavori?

La risposta è facile: proprio André Weil. Non che tenga la sua foto sul muro, ma ho letto e riletto i suoi libri e i suoi lavori. E ho anche scritto il suo necrologio.

358

Più impersonalmente, quali sono i risultati del secolo scorso che l'hanno impressionata di più?

Qui invece ci sarebbe troppo da dire: è meglio che eviti la domanda.

Una parte del suo lavoro, in geometria algebrica, è legato a quello della famosa scuola italiana di un secolo fa. Ci può dire in che modo?

A dire il vero, quando ho lavorato in questo campo (circa cinquant'anni fa) non sapevo molto della scuola italiana, se non una cosa: che non si poteva far affidamento su di essa...

In quel suo lavoro geometrico, lei si è affidato più all'intuizione visiva o alla derivazione logica?

Non saprei: credo che queste parole, soprattutto « intuizione », siano difficili da definire. In matematica i risultati arrivano in strani modi.

Una volta lei ha addirittura detto che spesso lavora mezzo addormentato.
Che significa? Che nella matematica c'è un ruolo per il pensiero semiconscio?

Intendevo solo dire che spesso lavoro a letto, al buio, proprio prima di entrare nel dormiveglia. Trovo che aiuti la concentrazione e permetta una maggiore libertà di pensiero.

Ora che il velo di segretezza del Bourbaki è caduto, lei ci può confermare di averne fatto parte?

Sì, dal 1949 ai primi anni '70. E sono stato molto influenzato da Bourbaki, sia dal soggetto collettivo che dagli individui che ne hanno fatto parte. Anche se, dopo averci lavorato per venticinque anni, non sono più interessato ai progetti enciclopedici.

Lei non si è limitato a far ricerca, ma ha anche scritto molti libri. Che opinione ha della divulgazione matematica?

A dire il vero non ho mai scritto un libro di vera divulgazione: è troppo difficile! I miei libri sono abbastanza tecnici. Il più ac-

cessibile è probabilmente Rappresentazioni lineari dei gruppi finiti, che è stato in parte scritto per mia moglie e i suoi studenti di chimica quantistica.

La chimica le interessa?

Mi interessava da bambino. I miei genitori erano farmacisti, e io ho giocato molto con provette e composti chimici. Ho anche letto i libri di chimica di mio padre, ma quando l'ho studiata seriamente mi sono accorto che c'erano troppe formule, tutte più o meno uguali. Tanto valeva fare direttamente matematica.

E alla filosofia della matematica è interessato?

No. Non ci ho mai trovato niente di interessante.

Ma avrà ben una sua idea sulla natura degli oggetti matematici! Ad esempio, concorda con Connes che essi sono reali tanto quanto, per non dire di più, degli oggetti fisici?

Oh, sì! Concordo pienamente con lui. E quando Connes ha scritto Pensiero e materia con Changeaux, è stato strano, e anche un po' deprimente, vedere che quest'ultimo si rifiutava di capire.

Per finire con uno sguardo al futuro, da dove arriverà l'ispirazione perla matematica? Dalla fisica, dalla biologia, dall'informatica?

Non sono competente per rispondere. E, in realtà, neppure troppo interessato ai programmi sul futuro.

8)

STEPHEN SMALE

Il matematico viene in genere presentato in maniera stereotipata come isolato in una torre d'avorio, tutto dedito al suo lavoro e incurante del mondo attorno a lui. Niente potrebbe essere più lontano dalla realtà, per lo meno nel caso di Stephen Smale:
uno dei più singolari e attivi esponenti della categoria, vincitore nel 1966 della medaglia Fields.

Smale ha spaziato, nel corso della sua carriera, nei campi più diversi della matematica pura e applicata: dalla topologia

differenziale alla teoria dei sistemi dinamici e del caos, dall'economia all'analisi degli algoritmi. Ma è anche stato un impegnato attivista politico, comunista ai tempi del maccartismo e pacifista durante la guerra in Vietnam, e le sue prese di posizione hanno spesso provocato forti reazioni, dalla prima pagina del New York Times alle interrogazioni parlamentari. Sembrerebbe abbastanza per impegnare una vita normale. Ma non quella narrata da Steve Batterson in Stephen Smale: il matematico che spezzò la barriera delle dimensioni (American Mathematical Society, 2000), che ha avuto spazio per innumerevoli altre attività: una scalata al Grand Teton in prima mondiale, una traversata a vela di tre mesi dalla California alle isole Marquesas, l'acquisto di minerali da collezione in Brasile, Marocco e Pakistan, le mostre e i calendari di fotografìe professionali...

L'abbiamo intervistato il 17 aprile 2001, approfittando della sua collaborazione al comitato editoriale dei volumi sulla matematica per le Grandi Opere Einaudi.

Nel 1957 lei ha stupito il mondo matematico dimostrando che la sfera si può rivoltare come un guanto, in maniera topologica. Dimostrazioni più esplicite, e addirittura rappresentazioni grafiche, si sono in seguito aggiunte alla sua dimostrazione originaria. Cosa ha imparato da esse?

361

A me sembra che la mia dimostrazione originaria fosse ragionevolmente costruttiva, benché non troppo diretta. Temo invece di non aver mai ben capito né le costruzioni di Arnold Shapiro e Bernard Morin né i tre film che sono stati prodotti sul mio risultato, nonostante i vari tentativi che sono stati fatti per spiegarmeli!

Forse il suo teorema più famoso è la soluzione, da lei ottenuta nel 1960, della congettura di Poincaré (che caratterizza topologicamente la sfera) in tutte le dimensioni maggiori di 4. Come è arrivato a pensare che si potesse lavorare in grandi dimensioni più facilmente che in dimensione 3 o 4: quelle, cioè, dello spazio e dello spazio-tempo usuali?

Fin da giovane ho sempre avuto una tendenza a lavorare in generale, se le cose andavano lisce. In particolare, mi è sempre piaciuto pensare alla topologia come a una teoria multidimensionale. Quindi, non è che abbia pensato che le dimensioni maggiori fossero più facili da trattare. Al contrario, mi sono accorto in seguito che ciò che ero riuscito a fare non funzionava bene in dimensioni inferiori.

Una delle sue costruzioni più note, anch'essa del 1960, è il cosiddetto «ferro di cavallo »: una deformazione topologica della

sfera che presenta caratteri caotici e viene considerata una delle origini della teoria dei sistemi dinamici. E soddisfatto dell'attenzione mediatica che oggi questa teoria riceve?

Direi di sì, ma ci sono sempre nuovi problemi di cui preoccuparsi. Ad esempio, in un articolo del 1998 intitolato « Problemi matematici per il nuovo secolo »* ne ho proposti un paio sul caos e sull'attrattore di Lorenz, che poi Warwick Tucker ha risolto. Le maggiori problematiche, che riguardano il collegamento rigoroso del caos con l'ingegneria e la fisica, rimangono però ancora sostanzialmente aperte.

Negli anni '70 lei ha applicato i sistemi dinamici all'economia,

* In Mathematical Intelligencer, vol. 20, pp. 7-15.

ottenendo una formulazione alternativa della teoria dell'equilibrio di Arrow e Debreu, che ha loro fruttato il premio Nobel nel 1972 e nel 1983. Quali sono le differenze tra il suo e il loro approccio?

Io mi concentro sulle equazioni che eguagliano domanda e offerta, e lavoro direttamente sulla funzione che misura l'eccesso di domanda: così elimino il passaggio attraverso i vari teoremi di punto fisso usati da Arrow e Debreu. Inoltre, utilizzo tutto l'armamentario delle tecniche differenziali.

Alcuni dei suoi risultati maggiori sono stati ottenuti, secondo una sua famosa descrizione, «sulle spiagge di Rio». Non ha bisogno dell'isolamento dal mondo che in genere i matematici ricercano?

L'isolamento non mi serve a nulla. Trovo congeniale lavorare in pubblico: sulle spiagge, negli aeroporti, nelle hall degli hotel... Direi quasi che le distrazioni mi piacciano: mi aiutano a mantenermi sveglio!

Lei è stato uno degli ispiratori e dei leader del movimento studentesco statunitense degli anni '60, insieme a Jerry Rubin. Pensa che la matematica e la politica possano andare d'accordo non soltanto sul piano personale, ma anche su quello teorico?

Be', in parte credo di essermi rivolto allo studio matematico dell'economia proprio per motivi politici: nella speranza, cioè, che quell'argomento mi aiutasse a capire meglio il mondo.

Sulle scale dell'Università di Mosca, subito dopo aver ricevuto la medaglia Fields nel 1966, lei ha tenuto una controversa conferenza stampa, che le ha poi creato molti problemi, in cui criticava sia gli Stati Uniti che l'Unione Sovietica. Quale la sua ideologia oggi, dopo i cambiamenti degli anni '90?

Politicamente non sono più molto attivo, ma continuo a seguire attentamente ciò che succede nel mondo. Riguardo al capitalismo, direi di essere più favorevole che contrario. Mi oppongo invece fermamente al militarismo, e soprattutto agli inter-

venti armati statunitensi: sono stato assolutamente contrario anche ai bombardamenti della Nato in Kosovo, ad esempio.

Negli anni '80 lei è diventato uno dei massimi collezionisti mondiali di minerali. Forse vede in essi un'incarnazione della geometria, e nella compravendita una messa in pratica dell'economia?

Effettivamente, ho usato l'esempio del mercato di minerali in uno dei miei lavori sull'economia. In pratica, però, la mia collezione è il mio investimento finanziario: credo di conoscere il mercato molto bene, e uso questa conoscenza come meglio posso. Ma non seguo gli aspetti scientifici della mineralogia: ad esempio, non mi interesso della teoria dei gruppi cristallografici.

Quando è andato in pensione, nel 1995, lei si è trasferito per qualche anno a Hong Kong. Come giudica, dall'interno, l'esperimento di « un paese, due sistemi »? Potrebbe essere un modello di terza via tra capitalismo e comunismo, magari da esportare altrove?

No. Hong Kong non è una terza via. Almeno, a me non sembra.
Il capitalismo non è stato modificato dall'annessione alla Cina: in pratica, non è cambiato niente. Anzi, io direi addirittura che la stessa Cina sia ormai un paese capitalista, benché il partito al potere si faccia ancora chiamare comunista.

Guardando al futuro, quali pensa siano le direzioni più interessanti verso cui si muove la matematica? Da dove viene la maggiore ispirazione esterna?

Io credo che l'influenza della fisica sulla matematica stia ormai svanendo, e che la cosa diventerà evidente col passare del secolo. Il maggiore impatto esterno sulla matematica ce l'hanno ormai l'informatica, l'ingegneria e la biologia.

9)

ANDREW WILES

Il 24 giugno 1993 il New York Times riportò in prima pagina un'insolita notizia, col reboante titolo: « Finalmente, un grido di Eureka! per un antico mistero matematico ». Era stata infatti trovata, o almeno così sembrava, la soluzione di un problema che aveva appassionato professionisti e dilettanti del mondo intero per 350 anni.

Le origini del problema risalivano all'osservazione, già nota ai babilonesi e agli egizi, che la somma dei quadrati di due numeri interi può essere il quadrato di un numero intero: ad esempio, la somma di 9 e 16 è 25. Nel 1070 il poeta Ornar Khayyam, autore del Rubaiyat, suppose che la cosa non valesse invece per i cubi, e nel 1637 l'avvocato Pierre de Fermat estese la supposizione a qualunque potenza superiore al due, dichiarando, tra l'altro, di averne trovata una bella dimostrazione, che purtroppo il margine del libro sul quale stava scrivendo le sue osservazioni non bastava a contenere.

Da allora i migliori matematici ne cercarono una per conto loro, facendo progressi di vario genere, ma senza mai riuscire a trovarne una generale. Nel 1985 Gerhard Frey intuì però che il «teorema di Fermat» seguiva da una congettura di Yutaka Taniyama, Goro Shimura e Andre Weil, che stabiliva misteriosi legami tra la geometria algebrica e la teoria dei numeri, e l'anno dopo Ken Ribet confermò la correttezza dell'intuizione di Frey.

L'annuncio del New York Times si riferiva appunto alla dimostrazione di questa cngettura, e dunque del teorema di Fermat, trovata da Andrew Wiles dopo sette anni di completo isolamento e di ricerche segrete, effettuate all'insaputa di tutti i colleghi. Scrivendo nei dettagli la sua dimostrazione, Wiles si accorse però che c'era un falla: soltanto il 19 settembre 1994 egli riuscì a trovare una nuova dimostrazione corretta, una vaga idea della quale si può avere leggendo L'ultimo teorema di Fer-

mat di Simon Singh (Rizzoli, 1997) o L'enigma di Fermai di Emir Aczel (Saggiatore, 2000).
Wiles è oggi il matematico più famoso del mondo: anzi, è l'unico noto al grande pubblico e ai media. Ha ricevuto premi e onorificenze di ogni genere e in ogni luogo: non ultimo il Premio Pitagora a Crotone il 16 ottobre 2004, in occasione del quale abbiamo passato un'intera settimana con lui, riuscendo a volte a superare la sua timida reticenza a parlare di sé.

Come è diventato un matematico?

La matematica mi è sempre piaciuta: ricordo che fin da quando avevo sei o sette anni ero affascinato da cose come la somma degli angoli di un poligono regolare. Mi piaceva andare in biblioteca a guardare libri, e un giorno ho trovato Igrandi matematici di Eric

Bell, dove ho letto la storia di Fermat: credo che la sua immagine fosse addirittura sulla copertina.

Suo padre era un professore di teologia: lei trovò invece la sua religione nei numeri?

La matematica era semplicemente qualcosa che mi attraeva. Ho cominciato a pormi problemi e a cercare di risolverli, e ho scoperto che la cosa mi piaceva. Da adolescente, poi, ho passato un sacco di tempo a cercare di venire a capo del problema di Fermat.

E cominciata allora la sua ossessione?

Non credo: passavo molto del mio tempo libero a fiure, matematica, ma era ancora solo un divertimento.

E dopo?

Dopo sì, da dottorando, quando ho cominciato ad affrontare problemi aperti che pensavo avrei potuto risolvere. Il fatto è che l'intelligenza può anche bastare per capire la matematica passivamente, ma un po' di ossessione è necessaria per fare ricerca attivamente. Passare un giorno dopo l'altro di fronte a un

foglio, a manipolare idee astratte, non è una cosa per tutti e richiede una grande concentrazione.

Non è vero anche per la scienza e l'arte?

Lì c'è più sicurezza che un risultato lo si raggiungerà comunque, anche se magari potrà non piacere: ad esempio, un esperimento serve sempre a determinare come stanno le cose. In matematica, invece, una delle possibilità è di non riuscire semplicemente a trovare la dimostrazione.

Non la risposta?

Quella in genere la si sa già, come dimostra il fatto che la maggior parte delle volte si sceglie una strada e la si percorre ossessivamente.

Ma come si fa a sapere qual è la risposta, prima ancora di dimostrarla?

Bisogna avere fede, altrimenti non si sarebbe disposti a dedicare mesi o anni della propria vita alla soluzione di un problema.

E su cosa si basa, questa fede?

È solo un'intuizione personale. Si possono anche dare delle ragioni, ma sono in genere ragioni che non convincono gli altri.

Dunque, come avrebbe detto Feuerbach, i teoremi sono dati e le dimostrazioni sono poste?

Effettivamente, pur essendo un solutore di problemi e non un filosofo, io ho sempre pensato che i teoremi siano già lì. Le dimostrazioni, invece, le trovo fin troppo umane.

E il ruolo dell'inconscio qual è, nel lavoro del matematico?

C'è uno stadio iniziale conscio, quando si attacca il problema, in cui bisogna imparare tutto ciò che è già stato fatto nel campo. Poi c'è uno stadio successivo inconscio, in cui ci si rilassa e si cerca di mettere ordine nelle idee, e di trovare una sintesi di ciò che si è studiato.

Le emozioni psicologiche, invece, che ruolo giocano?

Un ruolo importante, direi. Ad esempio, l'attesa della chiarificazione che tarda ad arrivare può avere un effetto demoralizzante.
Bisogna prepararsi psicologicamente al fallimento e distaccarsi dalle emozioni, e magari anche essere disposti a mentir un po' a se stessi.

In che senso?

Ad esempio, quando io penso di aver avuto una grande idea non cerco subito di verificarla, perché temo che possa rivelarsi un'illusione e svanire. Per un po' invece mi godo il piacere, come quando nel dormiveglia si cerca di prolungare un sogno rassicurante.

Che ruolo ha la competizione, in tutto questo?

Io la trovo una distrazione, che trasferisce il gioco sul tempo. Ed è anche un pericolo, perché quando si è in competizione qualcun altro può arrivare prima, e c'è più rischio di lavorare a vuoto. Io preferisco non dovermi preoccupare di quanto tempo ci vorrà.

Attaccare il teorema di Fermat non è competizione?

Per me quello aveva un significato speciale, visto che sognavo di risolverlo fin da bambino. E si trattava anche di un problema particolarmente adatto a me, o io a lui. Ma ciascuno di noi ha la propria percezione del livello che gli permette di essere orgoglioso del proprio lavoro: felici coloro che pongono i propri traguardi al di sotto delle proprie capacità, e infelici coloro

che li pongono sopra!

Nemmeno lavorare in segreto per sette anni è competizione?

No. È che se annunci che stai lavorando a un problema come quello, non hai più pace: ogni cinque minuti la gente ti chiede come stanno andando le cose, e ogni volta che fai una domanda pensa che c'entri qualcosa con Fermat. Non è la strategia giusta per raggiungere la concentrazione richiesta.

368

Insomma, lei non si considera un tipo competitivo.

No. Al contrario, tendo a evitare i problemi sui quali so che qualcun altro sta già lavorando.

Ma il destino ha voluto che, dopo il suo primo annuncio e la scoperta dell'errore, la competizione si sia scatenata suo malgrado.

Avevo svelato il trucco, ed era naturale che qualcuno abbastanza veloce provasse a usarlo per dimostrare il teorema di Fermat: ormai non si trattava più di dover fare tutto da zero, come prima, ma solo di colmare una falla.

Chi ci provò, in particolare?

Non so se sia il caso di parlarne.

Si dice che il più agguerrito fosse la medaglia Fields GerdFaltings.È vero?

Sì. Un giorno mi chiese persino come mai non mi ero ancora buttato dalla finestra: lui è fatto così. Commenti del genere, comunque, più che scoraggiarmi mi stupirono, e mi fecero capire che non potevo fidarmi di nessuno.

È stato deprimente?

Direi piuttosto che è stata una situazione molto difficile, anche perché correvo il rischio di rimanere intrappolato per anni nel tentativo di riparare la falla.

Cera anche l'imbarazzo di essere finito sulla prima pagina del New York Times?

Quello non mi importava, perché ormai avevo accettato il fatto che ero destinato a diventare famoso in un modo o nell'altro: o per aver dimostrato il teorema di Fermat, o per non esserci riuscito. Invece mi sconfortava pensare che qualcun altro avrebbe potuto

usare i miei strumenti, che ormai avevo resi pubblici, per completare l'opera.

E invece fu lei a completarla: riuscirebbe a dire come, in due parole?

369

La prima parte si può dire abbastanza facilmente: si suppone che ci sia una soluzione per qualche esponente, e la si usa per creare una nuova equazione che non può esistere. Cioè, si fa una dimostrazione per assurdo.

Questa però è la parte di Frey e Ribet. E la sua?

Ci vorrebbe Joyce per riuscire a condensarla in una sola frase.
Ma se l'ordine storico fosse stato invertito, e io fossi venuto prima di Frey e Ribet, la loro sarebbe veramente stata una dimostrazione corta del teorema di Fermat: quello sì che sarebbe stato straordinario!

Pensa che si scoprirà un giorno una dimostrazione « elementare »?

Non credo, visto che nessuno l'ha trovata in tutto questo tempo.

Ma è proprio questo uno degli aspetti più soddisfacenti della matematica moderna: riuscire a risolvere problemi antichi e facili da enunciare, ma apparentemente intrattabili in maniera naturale. Viceversa, si può estrarre dalla sua dimostrazione un nuovo modo di provare il teorema per qualche esponente particolare, come 4 o 3?

Probabilmente sì, anche se non ci ho mai provato. Per 4 non funzionerebbe, ma per 3 o 5 forse si potrebbe dare una dimostrazione più semplice di quella generale. Sarebbe comunque una dimostrazione molto complicata, niente di paragonabile ai casi speciali dimostrati da Fermat o Eulero.

Cosa succede dopo che si e risolto un problema così importante? Si riesce a staccarsene?

Si prova un sentimento di perdita e di nostalgia, ed è difficile trovare un sostituto adeguato: ci sono altri problemi ai quali ho pensato a lungo, ma niente che abbia lo stesso potere di attrazione, o di cui mi sia addirittura innamorato fin da bambino. Forse la cosa più difficile è essere ragionevoli e non cercare di riottenere a tutti i costi ciò che si è già ottenuto una volta.

370

Riuscire a essere stoici, cioè.

L'interessante è chiedersi se sia ragionevole cercare di fare una cosa due volte, solo perché si è riusciti a farla una, o se invece sia meglio pensare di essere stati fortunati una volta e accontentarsi.
Ricordo di essere stato molto impressionato, quand'ero studente, da un teorema di probabilità che diceva che se si sta aspettando un autobus a una fermata, è più probabile che ne arrivi un secondo dopo che ne è già passato uno, di quanto sia probabile che arrivi il primo.

Cosa è stato più emozionante: trovare la soluzione o essere acclamati dalla folla al Congresso Internazionale di Matematica del 1998?

Oh, non c'è niente di paragonabile al trovare la soluzione!

Ma è diverso dal pensare di averla trovata? Che differenza c'è stata fra la prima volta, quella falsa, e la seconda, quella vera?

La prima volta c'è stato un momento cruciale, verso la fine, quando ho capito che avrei dovuto fare una certa cosa: è stato molto esaltante, ma andava ad aggiungersi a una serie di illuminazioni che avevo avuto nel corso del lungo periodo della dimostrazione, che in parte la annacquavano. La seconda volta si trattava invece di tappare una particolare falla, e c'è stato un momento specifico che posso associare alla soluzione: sapevo cosa cercavo, e ho capito subito di averla trovata.

Ma non l'aveva già trovata prima?

Era una strategia di attacco che avevo abbandonato nel 1991: non riuscendo a farla funzionare, mi ero lasciato distrarre da un altro approccio. Ma analizzando nel 1994 perché questo secondo approccio era fallito, alla fine ho capito come potevo far funzionare il primo.

E vero che quel giorno è sceso dallo studio, ha detto a sua moglie: «L'ho trovata!», e lei le ha risposto: « Trovata cosa?»

Sì, anche se fu leggermente più complicato.

Cioè?

Ho avuto l'illuminazione mentre ero in ufficio, ma ero troppo eccitato per essere fisicamente in grado di verificarla. La sera sono tornato a casa e ci ho dormito sopra. Il giorno dopo ho controllato la cosa e ho visto che stava ancora in piedi: è allora che sono sceso e l'ho detto a mia moglie.

Le è dispiaciuto non essere riuscito a rimediare alla falla in tempo per vincere la medaglia Fields?

Se uno dimostra il teorema di Fermat, non gli importa più molto della medaglia Fields.

Cosa pensa del documentario che è poi stato fatto su di lei?

Mi sembra che riesca a mostrare abbastanza bene il lato umano: come un matematico lavora, le difficoltà che incontra, e l'eccitazione che prova quando riesce. E questo è lo scopo, in fondo: le idee, naturalmente, non si possono mostrare.

Lei cosa vede, nella sua mente? Qualcosa di simile alle immagini del documentario?

Io non sono una persona molto visiva: tengo un po' di cose nella testa, soprattutto gli schemi di ciò su cui lavoro in quel momento, ma in genere lavoro sulla carta. Non vedo le cose geometricamente.

Ma il suo campo non si chiama «geometria aritmetica»?

Qualcuno lo chiama e lo vede così, e la geometria è in effetti molto concreta: ad esempio, si interpretano i numeri primi come punti. Ma io trovo queste cose utili solo tecnicamente, non visivamente.

Cosa vede nel suo futuro?

Se uno parla dei propri sogni, c'è il rischio che svaniscano. Comunque, mi piace ancora risolvere problemi, e vorrei di nuovo poter lavorare a qualcosa di veramente difficile: preferisco mi-

rare a obiettivi molto lontani, piuttosto che dover sempre ricominciare con qualcosa di nuovo.

Cioè, preferisce il viaggio al raggiungimento della meta?

Non credo di poter separare le due cose. Non sono un girovago che intraprende viaggi senza meta: ho le mie destinazioni e cerco di raggiungerle, ma preferisco un bel viaggione a tanti viaggetti.
E non voglio dovermi preoccupare del tempo: anche se, diventando vecchio, sarà il tempo a preoccuparsi di me.

10)

EDWARD WITTEN

Alla sua morte, nel 1955 a Princeton, Einstein lasciò incompiuto un trentennale tentativo di unificazione delle due grandi teorie fisiche che avevano caratterizzato la prima metà del Novecento: la relatività generale e la meccanica quantistica, che descrivono rispettivamente il macrocosmo delle galassie e il microcosmo delle particelle elementari.

La miglior candidata moderna per una teoria unificata del tutto è la cosiddetta teoria delle stringhe, mirabilmente divulgata da Brian Greene in L'universo elegante (Einaudi, 2000), e il suo profeta è Edward Witten: un fisico matematico che lavora allo stesso Institute for Advanced Studies di Princeton nel quale stava appunto Einstein, e che in attesa di vincere il premio Nobel per la fisica ha già ottenuto nel 1990 la medaglia Fields per la matematica.

Nelle sue mani, infatti, la teoria delle stringhe è diventata uno spettacolo di fuochi d'artificio intellettuali che ha illuminato diverse zone d'ombra della matematica e della fisica, e che un giorno forse farà luce sul mistero stesso dell'universo. Per godere di qualche scintilla di questo spettacolo pirotecnico siamo andati a trovare Witten a Princeton il 13 ottobre 2003, e l'abbiamo reincontrato a Crotone il 12 novembre 2005, in occasione del conferimento del Premio Pitagora.

Una volta, quando una sua intervista apparve sull'Espresso col titolo «Dio gioca a dadi», il giornale dei vescovi Avvenire commentò: « Vedete, il nuovo Newton crede in Dio ». Cominciamo dunque a chiarire questo punto: c'è qualche connessione tra scienza e religione?

Sono cose molto diverse. E per la comprensione dell'universo, la scienza è più efficace della religione.

E lei è credente?

Le scoperte scientifiche non incoraggiano la fede religiosa.

C'è invece una connessione tra la teoria delle stringhe e il pitagorismo?

Non conosco abbastanza il pitagorismo per poter rispondere, ma credo che nessuna delle filosofie antiche influenzi il pensiero degli scienziati moderni.

Nemmeno l'armonia delle sfere, cioè la relazione fra matematica, fisica e musica?

In senso letterale, la cosa è falsa: in fondo, la musica è costituita da onde che si propagano nell'aria.

E in senso metaforico?

C'è effettivamente un'analogia interessante. La ricchezza dei suoni prodotti dalle corde di un violino o di un piano deriva dal fatto che ciascuna di esse vibra in tanti modi, chiamati armoniche.
Un do, ad esempio, suona molto diverso sul piano o su un diapason, che invece produce un suono puro. Se si suonassero dei pezzi soltanto con dei diapason, l'effetto sarebbe molto brutto.

Helmholtz ha provato a dirigere un'orchestra di diapason, nell'Ottocento.

Sarà stato terribile. Ora, anche le stringhe che io studio possono vibrare in tanti modi, e ciascuno di essi viene interpretato come una particella elementare. Questa è la chiave per unificare le varie particelle: come diverse forme di vibrazione di un'unica stringa.

E che cosa corrisponde al suono puro?

Niente. Se torniamo alla corda di piano, le vibrazioni fondamentali sono due: su e giù, o avanti e indietro. Nel caso delle stringhe, invece, la supersimmetria impone che il modo fondamentale sia nullo.

375

Lei parla di stringhe, ma non ci sono anche membrane? Cioè, non solo strumenti a corda, ma anche a percussione?

La teoria moderna, che si chiama M-teoria, è una reinterpretazione della teoria delle stringhe.

A proposito, che cosa significa «M»?

Matrice, ma anche Magia o Mistero. Perché la sua natura non è ancora completamente compresa, certamente molto meno della teoria delle stringhe, che ne costituisce il limite quando gli effetti quantistici sono piccoli.

E quante teorie delle stringhe ci sono?

Varie, e la M-teoria è nata appunto per capire le differenze tra di esse. Tutte sono casi speciali di questa teoria generale più ricca.

Nello stesso senso in cui la meccanica newtoniana è un caso speciale di quella einsteiniana?

Sì e no. La somiglianzà sta nel fatto che le teorie delle stringhe sono casi limite della M-teoria, così come la meccanica non relativistica è un caso limite di quella relativistica. La differenza invece è che c'è un solo tipo di meccanica non relativistica, mentre ci sono cinque casi limite della M-teoria, corrispondenti a cinque diverse teorie delle stringhe.

E quale di queste corrisponde al mondo fisico?

Io credo che non conosciamo tutti i segreti necessari a comprendere il mondo fisico: quindi, qualunque risposta le dessi sarebbe sbagliata. Ma se la domanda fosse quale teoria è la più facile da usare per modellare il mondo fisico, allora la risposta sarebbe la cosiddetta Es x Eg.
La quale, tra l'altro, predice l'esistenza di 496 bosoni di campo: cioè... un numero perfetto!
Certamente il mondo fisico è descritto da strutture e teorie matematiche eleganti e di grande bellezza, che hanno una loro logica interna precisa ed esigente: non sappiamo perché, ma è co-

sì. E col passare del tempo le teorie diventano sempre più stringenti e ricche: la legge dell'inverso del quadrato della distanza, ad esempio, era solo una conseguenza contingente di fatti sperimentali per Newton, ma divenne una necessità della teoria di campo per Maxwell.

Più che alla bellezza della matematica in generale, alludevo alle considerazioni numerologiche come quelle proposte da Eddington o Dirne. Lei pensa che siano significative?

Finora non hanno ancora avuto importanza in fisica, ma non è detto che non l'avranno in futuro. Io non mi sorprenderei troppo se la teoria dei numeri diventasse importante per la fisica e, viceversa, se la fisica diventasse importante per la teoria dei numeri: nel 1990 sembrò, per un breve periodo, che le cose stessero appunto per prendere questa piega.

In che senso?

C'è molta teoria dei numeri, anche se forse non del genere più profondo, nella teoria bidimensionale conforme dei campi, che all'epoca sembrava essere lo strumento essenziale per la descrizione dello spazio. Oggi la consideriamo più come uno degli strumenti, e sembra che l'idea giusta sia invece la dualità tra la teoria di gauge e la gravita, o la descrizione del mondo in termini di matrici: così le idee di quindici anni fa ci sembrano ingenue, perché abbiamo imparato molto, ma magari tra quindici anni ci sembreranno ingenue quelle di oggi.

Qualcuno si lamenta che i suoi sono ragionamenti da fisico, e non vere dimostrazioni da matematico.

In parte hanno ragione. Il fatto è che molte idee interessanti in geometria sono venute dalla teoria quantistica dei campi, la più importante teoria fisica del Novecento, che non è affatto ben compresa matematicamente: quelle idee quindi non sono ancora state sistematizzate. Ci sono due vie complementari da seguire, per farlo: sviluppare la matematica necessaria, e comprendere meglio la fisica coinvolta. Fino ad allora, benché la

cosa sia frustrante, bisognerà accontentarsi di idee stimolanti senza dimostrazioni rigorose.

Altri invece si lamentano che la sua è matematica pura, di interesse più metafisico che fisico.

La teoria delle stringhe ha già giocato un ruolo importante nella fisica contemporanea, ad esempio permettendo interessanti e sorprendenti intuizioni sul problema del confinamento dei quark: il fatto, cioè, che non li si possa mai osservare isolati.
Inoltre ha prodotto l'idea della supersimmetria, alcuni effetti della quale sono già stati verificati da vent'anni, anche se non si sono ancora trovate le superparticelle predette dalla teoria. In questo forse i critici esagerano un po'.

Lei però li ha provocati, dicendo che infondo la teoria delle stringhe predice l'esistenza della gravita...

Volevo proprio toccare questo punto, che a prima vista sembra banale. Il fatto è che nella teoria quantistica tradizionale la gravita è impossibile! Mentre la teoria delle stringhe la rende non solo possibile, ma inevitabile. In altre parole, c'è una contraddizione tra la meccanica quantistica e la gravita, che la teoria delle stringhe risolve.

Che cosa corrisponde, nella teoria delle stringhe, alle equazioni di campo di Einstein nella relatività generale, o alle equazioni d'onda di Schrodinger e Dirac nella meccanica quantistica?

Le equazioni principali non si conoscono ancora, e questo è appunto il maggior problema aperto. Il motivo è che, invece di partire da certe idee ben definite e costruirci sopra una teoria, come fece Einstein con la relatività generale, ci siamo trovati fra le mani una teoria senza capire bene su che idee sia basata.

E dalle equazioni della teoria si potranno ricavare, come casi speciali, quelle di Einstein, Schrodinger e Dirac?

Chi lo sa? Bisognerebbe sapere quanto sono difficili da risolvere, una volta trovate. Ma certamente questa è una delle cose che mi incuriosiscono di più, perché ci direbbe che cosa è veramen

te la teoria e ci darebbe l'ispirazione per nuove idee, sia in matematica che in fisica.

Benché lei voli alto in matematica, non sembra il tipico matematico che vive nelle nuvole. In particolare, lavora per la pace in Medioriente.

Sì, questo è un problema che mi sta a cuore. Ho vissuto in Israele per un anno, quando ne avevo dodici, e da venti lavoro con un gruppo chiamato Shalom Achshav, «Pace Ora» (www.peacenow.org). Una delle cose recenti che sono state fatte è un prototipo di trattato di pace tra israeliani e palestinesi, che è stato firmato ufficialmente a Ginevra. Il problema è che le delegazioni che l'hanno firmato erano costituite da politici che sono stati al potere, ma non lo sono più e non ci torneranno in tempi brevi. Ci sono persone razionali da entrambi i lati, ma le possibilità che vadano al governo sono minime: a differenza della matematica, purtroppo, la politica non si basa sulla ragione.